

AEROSPACE

Magazin für Luft- und Raumfahrt in Nordrhein-Westfalen



Wie Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in eine klimaneutrale Zukunft fliegen

Seite 6



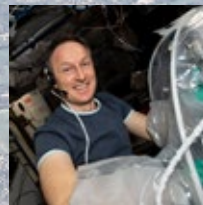
Wieviel kostet eine Verspätung die Flugesellschaft?

Seite 14



Urban and Regional Air Freight Luftfracht der Zukunft

Seite 18



Projekt MASON: Betonexperimente auf der ISS

Seite 40

Impressum

Herausgeber

AeroSpace.NRW

c/o NMWP Management GmbH
Merowingerplatz 1
40225 Düsseldorf

www.aerospace.nrw

+49 211 385459-20
info@aerospace.nrw

Redaktion

Dr.-Ing. Harald Cremer
Hendrik Köster (v.i.S.d.P.)
André Sarin

Titelbild: NMWP Management GmbH / André Sarin

AeroSpace.NRW ist ein vom Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie (MWIKE) des Land Nordrhein-Westfalen beauftragtes Netzwerk für die Luft- und Raumfahrtindustrie in NRW.

Um ein Abonnement des Magazins abzuschließen, Ihre Adressdaten zu ändern oder um weitere Informationen zu erhalten, senden Sie einfach eine E-Mail an: info@aerospace.nrw

Dieses Magazin kann unter www.aerospace.nrw gelesen und als PDF heruntergeladen werden.

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung des Herausgebers wieder.

Nachdruck oder Reproduktion (gesamt oder auszugsweise) ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Herausgebers untersagt.

Liebe Leserinnen und Leser,

die moderne Luft- und Raumfahrt ist seit mehr als 100 Jahren ein Treiber für neue Technologien und Materialien. Dabei strahlt sie mit ihrer Innovationskraft und ihren entwickelten Lösungen in zahlreiche andere Branchen und Märkte aus.

Sie alle kennen die zahlreichen Herausforderungen, denen sich die Luft- und Raumfahrtindustrie nicht erst jetzt stellt und, wie Sie im Magazin sehen werden, auch sehr erfolgreich stellt. Dies betrifft z.B. die Entwicklung neuer Materialien, Komponenten und Systeme genauso wie die Etablierung hierzu notwendiger Infrastrukturen. Die Digitalisierung ermöglicht und beschleunigt in vielen Bereichen diese Prozesse und hat sich zu einem essenziellen Baustein hierfür entwickelt.

Zum Teil entsteht Neues im stillen Kämmerlein - häufiger aber in gemeinschaftlichen Projekten mit anderen Partnern in interdisziplinären Teams aus Wirtschaft und Wissenschaft. Diese können aus der Region selbst, aus Deutschland oder aus anderen Staaten kommen.

Mit diesem Magazin geben wir Ihnen einen kleinen Einblick in die vielfältigen innovativen Projekte in NRW. Diese beschäftigen sich mit zahlreichen Technologien in der Luft- und Raumfahrt und veranschaulichen auf eindruckliche Weise die große Bandbreite, mit denen sich Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen in NRW beschäftigen und wie sie Lösungen für aktuelle Herausforderungen finden. Dies kann sowohl in eigenfinanzierten oder in öffentlich geförderten Projekten geschehen. Wir haben Ihnen daher auch einige mögliche Förderprogramme aufgeführt, die Sie ggf. bei Ihrer Arbeit unterstützen können. Vielleicht sind die aktuellen EFRE-Wettbewerbe für Sie ja von Interesse?

Neben Projekten von Unternehmen und Hochschulen möchten wir Ihnen auch zwei studentische Projekte vorstellen. Sie stimmen uns zuversichtlich, dass auch in Zukunft mit innovativen Projekten und Ideen zu rechnen



ist und mit Sicherheit auch auf vielen relevanten Produkten und Dienstleistungen ein „Made in NRW“ Label aufgedruckt sein wird.

Ich hoffe, wir können Sie mit dieser Ausgabe inspirieren, ein eigenes Innovationsprojekt zu starten. Wir helfen Ihnen gerne und sind der festen Überzeugung, dass wir auch „Projektprofis“ noch unterstützen und mit neuen Impulsen und Ansätzen überraschen können. Kontaktieren Sie uns, wir nehmen die Herausforderung gerne an.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre und bleiben Sie neugierig!

Dr.-Ing. Harald Cremer
Netzwerkmanager

AeroSpace.NRW



Der Airport der Zukunft sollte wirtschaftlich und zugleich CO2-neutral arbeiten. Am Flughafen Paderborn-Lippstadt entsteht derzeit ein Innovationszentrum, das diese Vision verfolgt.

SEITE 12

Mit der neusten Wettbewerbsrakete wird das Team Aquila des Space Team Aachen e.V. als erstes deutsches Team beim weltweit größten Raketenwettbewerb in den USA auf eine für den jungen Verein bisher unerreichte Höhe von 9 km und Geschwindigkeit über die des Schalls steigen. untersucht.

SEITE 42



Nordrhein-Westfalen ist eine der wirtschaftsstärksten Metropolregionen Europas. Dies gilt auch für den Bereich Luft- und Raumfahrttechnologie. AeroSpace.NRW versteht sich als Netzwerk für alle Akteure im Bereich Luft- und Raumfahrttechnologie.

SEITE 46

Luft- und Raumfahrt aus NRW

- 6** Wie Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in eine klimaneutrale Zukunft fliegen
- 10** Förderprogramme für innovative F&E-Projekte
- 12** Flugfelder effizient und klimaschonend gestalten
- 14** Wieviel kostet eine Verspätung die Fluggesellschaft wirklich?
- 16** Keine neue Luftfahrt ohne neue Ausbildung
- 18** Urban and Regional Air Freight
- 20** Anthropogene CO₂-Emissionen zuverlässig aufspüren
- 22** Multi-IoT-Gateway für resiliente Nano-Satellitenkommunikation
- 24** Nachhaltigkeit in der Luftfahrtindustrie
- 26** Forschung an effizienten Propellern
- 28** Entwicklung von Fertigungsprozessen großflächiger, thermoplastischer Strukturbauteile
- 30** Langjähriger Aerospace-Partner entwickelt innovativen Getriebemotor
- 32** Platz- und Gewichtsersparnis hinter der Kabinenverkleidung
- 34** Hochfrequenzsensorik für die Zustandsüberwachung von Flugzeugkomponenten
- 36** Motoren mit Startergenerator in der zivilen Luftfahrt
- 38** PU-Formteile aus Aachen fliegen ins All
- 40** Betonexperimente auf der ISS
- 42** In Richtung bisher unerreichter Höhen und Geschwindigkeiten
- 44** Experiment zur Transpirationskühlung als Hitzeschild für Wiedereintrittskörper
- 46** AeroSpace.NRW unterwegs...

Wie Wirtschaft, Wissenschaft und Politik Hand in Hand in eine klimaneutrale und digitalisierte Zukunft fliegen



Innovationsprojekte sind ein spannendes Feld. Projekterfahrene Unternehmen, Hochschulgruppen und Forschungseinrichtungen können so nachhaltig ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern. Dies gilt insbesondere im Luft- und Raumfahrtsektor, wo höchste Anforderungen an Materialien, Komponenten und Systeme herrschen und zeitgleich die Akteure in einem globalen Wettbewerb stehen.

Die Luft- und Raumfahrt befindet sich in einer Zeit des revolutionären Wandels. Herausforderungen wie Energiekosten und Erderwärmung werden durch Lösungen wie regenerative Energien, Wasserstoff-Brennstoffzellen, Leichtbau, Shuttlesysteme im urbanen und ländlichen Raum adressiert. Hierfür werden Technologien und Materialien benötigt, die es heute mit diesen Anforderungen noch nicht in der Serienproduktion gibt.

Um diese neuen Lösungen zu erschaffen, bedarf es zahlreicher Innovationen in vielen Feldern. Mit diesen Innovationen können Unternehmen eine Grundlage für ihren wirtschaftlichen Erfolg legen sowie Hochschulgruppen und Forschungseinrichtungen ihre wissenschaftliche Exzellenz steigern. Ohne diese innovativen Produkte und Dienstleistungen ist es für die Akteure schwierig in einem Hochlohnland wie Deutschland im Allgemeinen und NRW im Besonderen langfristig konkurrenzfähig zu bleiben.

Zu den Herausforderungen, die sich durch die kontinuierliche Weiterentwicklung ergeben, sind in den letzten Jahren globale Herausforderungen hinzugekommen, die mehr revolutionäre und weniger evolutionäre Ansätze und Lösungen erfordern. In diesem Zusammenhang sei hier nur z.B. auf das Pariser Klimaschutzabkommen verwiesen, welches sich u.a. in den Zielen des sechsten Luftfahrtforschungsprogramms der Bundesregierung widerspiegelt.

Nordrhein-Westfalen nimmt – dank seiner hohen Dichte an Institutionen und Organisationen aus der Luft- und Raumfahrtbranche – in diesem Transformationsprozess eine besondere Rolle ein. Umso wichtiger ist die Entwicklung innovativer Kooperationsprojekte und die Zusammenführung von wissenschaftlichen Institutionen und Akteuren aus der Wirtschaft, um die Wettbewerbsfähigkeit des Landes und seiner Unternehmen zu erhalten und zu stärken.



Das Netzwerk AeroSpace.NRW wurde im März 2021 vom NRW-Wirtschaftsministerium gegründet und damit beauftragt, die Akteure der Luft- und Raumfahrtindustrie u.a. bei der Entwicklung und Implementierung einer klimaneutralen, umweltverträglichen und sicheren Luftfahrt zu unterstützen.

Folgend werden in diesem Magazin Innovationsprojekte und Entwicklungen vorgestellt, welche die Transformation der Luft- und Raumfahrt vorantreiben und dabei neue Fertigungsmethoden, Produkte oder zugehörige Infrastrukturen schaffen.

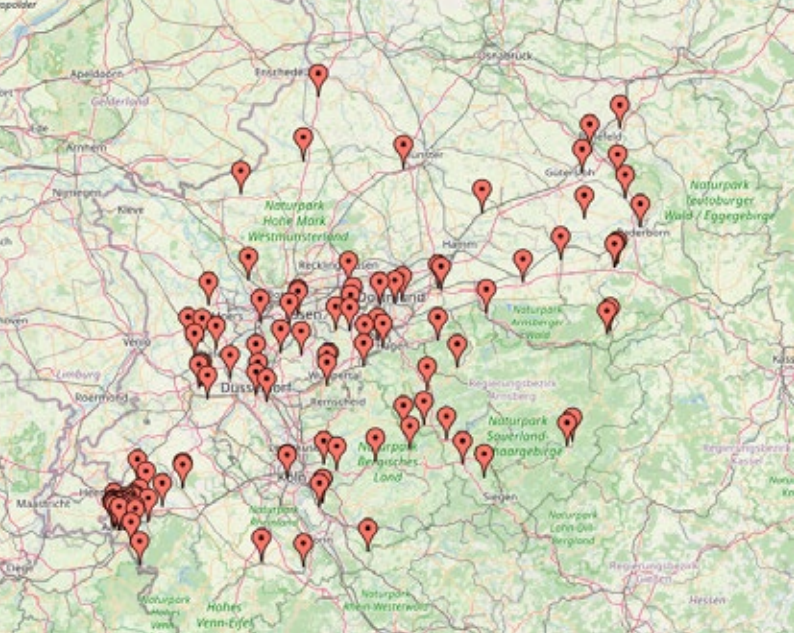
NRW braucht eine wettbewerbsfähige Infrastruktur

Die Zielsetzungen und Fragestellungen zu Klimaschutz, Energie und Mobilität erfordern große Anstrengungen, sowohl in der Forschung und Entwicklung als auch in Technologie und Innovation. Das Mobilitätssystem der Zukunft muss bequem, leistbar und klimafreundlich sein.

Weiter ist sicher, dass die Luftfahrt auch in Zukunft ein wesentlicher Teil des internationalen Verkehrs sein wird. Von Tourismus und individualen Geschäftsreisen, bis über das organisierte Vernetzen der Wirtschaft und natürlich den logistischen Transport.

Um eine effiziente Ausschöpfung der Ressourcen zu gewährleisten und die Verbindung von Forschung und Industrie optimal zu nutzen, bedarf es einer wettbewerbsfähigen Infrastruktur wie moderne Testzentren, komplett digitalisierte Flughäfen oder automatisierte Werkhallen. Diese dienen auch der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und Regionen bei der Mobilitätswende. Ein Beispiel für den effizienten Ausbau einer zukunftsweisenden Infrastruktur findet sich im Kölner Süden am Rande der Wahner Heide. Forschung, Industrie und Sicherheit liegen hier dicht beieinander. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), der Flughafen Köln/Bonn sowie das Zentrum für Luft- und Raumfahrtmedizin der Luftwaffe bauen hier ihre räumliche und thematische Nähe im Rahmen einer intensiveren Zusammenarbeit aus. Neuester Baustein ist dabei das Kompetenzzentrum für Luft- und Raumfahrtmedizin auf dem Campus des DLR, welches Ende Januar 2023 eröffnet wurde.

Die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft verändert Arbeitsweisen und beschleunigt den Entwicklungsprozess, die Produktion, Fertigung und Wartung. Umfassend betroffen sind Schwerpunkte wie z.B. die Virtualisierung, Automatisierung, Sensorik, additive Fertigung und den Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI).



Standortkarte von Luft- und Raumfahrtakteuren in NRW, die sich im Akteursverzeichnis von AeroSpace.NRW registriert haben. Details finden Sie unter: <https://aerospace.nrw/standort-nrw/akteure>

Mit Leichtbau und Nachhaltigkeit in die klimaneutrale Mobilität

Ein weiteres bestimmendes Thema ist der Leichtbau von Fluggeräten, deren Baukomponenten und der Etablierung der dazugehörigen Fertigungsprozesse. Durch den Einsatz moderner Materialien und Fertigungsprozesse, können z.B. Komponentenhersteller ihre Prozesse optimieren und die Effizienz erhöhen. Dabei findet auf den Gebieten Werkstoffe und Nachhaltigkeit eine stetige Weiterentwicklung statt. Die Produktion von Leichtbaumaterialien und Komponenten bewirkt zudem, dass während der Nutzung des Leichtbauproduktes durch die geringere Masse weniger Energie verbraucht und die CO₂-Emission gesenkt wird. Hinzukommend stehen gegenwärtig unterschiedliche Energieträger und innovative Antriebssysteme, deren Integration ins Luftfahrzeug sowie die damit verbundenen Infrastruktursysteme zur Diskussion.

Es wird erwartet, dass die Nachfrage nach leichteren und umweltfreundlicheren Flugzeugen in den kommenden Jahren weiter zunehmen und dieser Markt weiterwachsen wird.

To boldly go where no man has gone before

Neben der Mobilitätswende schreitet gleichermaßen die Forschung und Entwicklung im Bereich Raumfahrt voran. Seit Jahren gibt es in der Raumfahrt einen Trend zur Kommerzialisierung, wie das nicht nur Privatunternehmen wie SpaceX und Blue Origin aufzeigen. Allerdings handelt es sich bei der überwiegenden Anzahl der Technik heutiger Raumfahrtprojekte immer noch um hochspezifische Einzelfertigungen oder Kleinserien. Das bedeutet, dass für jedes Produkt und jedes Missionsprofil neue Anforderungen gelten und häufig individuelle Lösungen für die benötigten Materialien und Strukturen gefunden werden müssen. Eine Herausforderung der

Materialentwicklung und Fertigung ist es, in immer neue Richtungen zu denken und sich den wachsenden Anforderungen zu stellen und anzupassen. Aktuelle Erkenntnisse, hinzugekommene Anforderungen und zukunftssträchtige Technologien fordern Produzenten, Dienstleistern und Nutzern sowie Produkten und Komponenten nie dagewesene Merkmale ab.

Von diesen Entwicklungen profitieren auch Raumfahrtanwendungen. Neben schon klassischen kommerziellen Dienstleistungen wie satellitengestützte Navigationslösungen oder dem TV-Empfang sei nur z.B. auf Dienstleistungen und Anwendungen rund um hyperspektrale Vermessungen der Erdoberfläche und Atmosphäre oder der Wiederherstellung von Kommunikationsverbindungen nach Naturkatastrophen verwiesen, die ohne die Erfolge in der Raumfahrt nicht möglich wären.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es zahlreicher Anstrengungen im Bereich der Forschung und Entwicklung bedarf, um sich den aktuellen Herausforderungen erfolgreich zu stellen. Innovationsprojekte, die in einer angemessenen Symbiose von Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft durchgeführt werden, bergen das Potenzial, neue erfolgreiche Innovationen hervorzubringen. Das Netzwerk AeroSpace.NRW unterstützt sie gerne dabei. ■



SOFIA - Das fliegende Infrarot-Observatorium der NASA, in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, war Beispiel einer erfolgreichen Kooperation aus NRW. © Flughafen Köln/Bonn



■ Aktives Netzwerk

Für eine sichere Zukunft im internationalen Wettbewerb durch Bündelung der Interessen der Luft- und Raumfahrtindustrie in Nordrhein-Westfalen

■ Verlässlicher Partner

Für eine langfristige und nachhaltige Ausrichtung durch individuelle und passgenaue Stärkung von Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit

■ 360° Wegbereiter

Für zukunftsweisende Industrieprojekte durch strategische Unterstützung und Vermittlung von Kooperationspartnern

■ Zentraler Botschafter

Für die exzellente nordrhein-westfälische Luft- und Raumfahrt-Expertise in Wirtschaft und Wissenschaft

■ Sprachrohr der Branche

Für zuverlässige Informationen rund um Luft- und Raumfahrttechnologie am Standort Nordrhein-Westfalen

Beauftragt durch:

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Förderprogramme für innovative F&E-Projekte

Zur Finanzierung von innovativen, hochrisikoreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten gibt es zahlreiche Förderprogramme mit unterschiedlichsten Strategien und Ausrichtungen.



© NMWP Management GmbH / André Sarin

Luftfahrtforschungsprogramm LuFo

Die Luftfahrt hat eine große Bedeutung, sowohl für die Wirtschaft als auch für die Gesellschaft. Um die Mobilität auch in Zukunft erhalten zu können und eine umweltverträgliche Luftfahrt zu erreichen, ist ein großer und vielfältiger Forschungsbedarf vorhanden. Aus diesem Grund liegen die strategischen Hauptschwerpunkte der Forschungsförderung, sowohl auf Bundes- als auch auf Länderebene, auf Projekten, die mittel- und langfristig zu einer ökoeffizienten Luftfahrt führen werden.

<https://www.dlr.de/pt-lf/desktopdefault.aspx/tabid-8304>

Clean Aviation

Das Programm "Clean-Aviation" stützt sich auf drei Schwerpunkte (Hybridelektrische Regionalflugzeuge, ultra-effiziente Kurz- und Kurz-Mittelstreckenflugzeuge, umwälzende Technologien für wasserstoffbetriebene Flugzeuge), die jeweils gezielte Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsanstrengungen beinhalten, um die Energieeffizienz und Emissionsreduzierung künftiger Flugzeuge voranzutreiben.

<https://clean-aviation.eu/>

mFUND

Mit der Innovationsinitiative mFUND fördert das BMDV seit 2016 Forschungs- und Entwicklungsprojekte rund um digitale, datenbasierte Anwendungen für die Mobilität der Zukunft. Neben der finanziellen Förderung unterstützt der mFUND mit verschiedenen Veranstaltungsformaten die Vernetzung zwischen Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Forschung sowie den Zugang zum Datenportal mCLOUD.

<http://mfund.de>

ESA – Calls for Proposals

Neben den Ausschreibungen für Forschung und Entwicklung im Rahmen ihres EMITS-Beschaffungssystems bietet die ESA eine Reihe von Möglichkeiten für Unternehmen, Vorschläge für neue FuE zu unterbreiten. Dazu gehören regelmäßige und ständige Aufforderungen zur Einreichung von Vorschlägen und Bekanntmachungen von Gelegenheiten (AO) in einer Reihe von ESA-Technologieprogrammen.

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/CALLS_FOR_PROPOSALS

Horizont Europa

Horizont Europa ist das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation für 2021 bis 2027. Ziel ist eine wissens- und innovationsgestützte Gesellschaft und wettbewerbsfähige Wirtschaft aufzubauen und zu einer nachhaltigen Entwicklung beizutragen. Das Programm ist in drei Programmsäulen (Wissenschaftsexzellenz, Industrielle Wettbewerbsfähigkeit Europas, Innovatives Europa) sowie den Förderbereich Erhöhung der Beteiligung und Stärkung des Europäischen Forschungsraums strukturiert. Die Luftfahrt ist im Cluster 5 (Klima, Energie und Mobilität) angesiedelt; die Raumfahrt im Cluster 4 (Digitalisierung, Industrie und Weltraum).

<https://www.horizont-europa.de/de/Themen-1717.html>

Interreg

Interreg ist eines der wichtigsten Instrumente der Europäischen Union (EU) zur Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit durch Projektfinanzierung. Es zielt darauf ab, gemeinsame Herausforderungen zu bewältigen und gemeinsame Lösungen in Bereichen wie Gesundheit, Umwelt, Forschung, Bildung, Verkehr, nachhaltige Energie und mehr zu finden.

<https://interreg.eu>

Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

Das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) unterstützt kreative Unternehmen bei der Realisierung guter Ideen mit passgenauen Fördermöglichkeiten. Mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die mit ihnen zusammenarbeiten, erhalten Zuschüsse für anspruchsvolle Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die zu neuen Produkten, technischen Dienstleistungen oder besseren Produktionsverfahren führen.

<https://www.zim.de>

EFRE/JTF-Programm Nordrhein-Westfalen 2021-2027

Im Rahmen des EFRE/JTF-Programms NRW 2021-2027 werden Projekte aus den Themenfeldern Innovation, Nachhaltigkeit, Mittelstandsförderung, Lebensqualität, Mobilität und Strukturwandel in Kohlerückzugsregionen unterstützt. Zielgruppen sind insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie Kommunen.

<https://www.efre.nrw.de/wege-zur-foerderung/foerderungen-in-2021-2027>


Förderdatenbank

Die Förderdatenbank des Bundes gibt einen umfassenden aktuellen sowie neutralen Überblick über die Förderprogramme des Bundes, der Bundesländer und der Europäischen Union.

<https://www.foerderdatenbank.de>

10th NRW Nano Conference
Innovations in Materials and Applications
23rd - 24th May 2023 – The Dortmund Congress Centre

Energy, 2D materials, Nano medicine, Additive manufacturing, Intelligent production, Quantum computing, Medical technology & diagnostics, Safety regulations, Functional surfaces and films, Characterisation and simulation, Graphene, Electronics, Social acceptance, Energy efficiency, Batteries, Quantum enabling technologies, New materials, Information and Communication technology, Fibres and composites, Health, Recycling, Quantum simulation, Artificial intelligence, Rules & Regulations, Quantum communication, Quantum technologies, ...and many more...



Flugfelder effizient und klimaschonend gestalten: Fraunhofer IEM und Universität Paderborn arbeiten am Flughafen der Zukunft

Der Airport der Zukunft sollte wirtschaftlich und zugleich CO₂-neutral arbeiten. Am Flughafen Paderborn-Lippstadt entsteht derzeit ein Innovationszentrum, das diese Vision verfolgt. Forscher:innen des Fraunhofer IEM und der Universität Paderborn setzen dafür auf intelligente Automatisierungskonzepte und grüne Antriebstechnologien auf dem Flugfeld.

Der Airbus rollt vom Gate zur Startposition. Hundert Meter weiter eilt ein Schlepper zu einer soeben gelandeten Boeing. Gepäck-, Lotsen- und Tankfahrzeuge kreuzen seinen Weg. Auf dem Flughafenvorfeld gilt: Zeit ist Geld. Da ein Flugzeug am Boden unnötige Kosten verursacht, müssen die Prozesse zwischen Landung und Neustart reibungslos ineinandergreifen. Vor diesem Hintergrund arbeiten das Fraunhofer IEM und die Universität Paderborn daran, das Flugfeld des Airports Paderborn/Lippstadt effizienter und emissionsärmer zu gestalten. Im Projekt FastGate setzen die Forschungspartner auf neue Automatisierungs- und Antriebstechnologien, um Standzeiten, Betriebskosten sowie CO₂- und Lärmemissionen radikal zu reduzieren. Neben dem Flughafen Paderborn-Lippstadt arbeiten sie dafür mit dem Flugsimulations-Experten Aerosoft zusammen.

Automatisierte Flugzeugabfertigung

In verschiedenen Pilotprojekten automatisieren die Wissenschaftler:innen Prozesse auf dem Flughafenvorfeld: Dafür bildet eine virtuelle Plattform den digi-

talen Zwilling aller Vorgänge am Flughafen ab. Prozesse werden so transparent und können weiter optimiert werden. Mögliche Szenarien sind die Einsatzplanung alternativer Antriebe in der Flugzeugabfertigung, die Information und Weiterbildung des Personals über Trainings via VR-Brille oder das automatische Andocken von Fluggastbrücken an der Flugzeugtür.

Elektrisches Rollen auf dem Vorfeld

Nicht nur in der Luft – auch beim Rangieren am Boden – verbrennen Flugzeuge Kerosin und Diesel und erzeugen erhebliche CO₂-Emissionen. Beispiel Flughafen Düsseldorf: Hier liegen zwischen Gate und Startposition durchschnittlich 4,5 Kilometer. Im Projekt FastGate berücksichtigen die Wissenschaftler:innen schon heute die Nutzung alternativer Antriebstechnologien wie das Bugradsystem WheelTug, das ein elektrisches Rollen der Flugzeuge ermöglicht. Erste Versuche zeigten, dass Airlines mit derartigen Systemen bis zu 1,5 Mio. € Kerosin pro Flugzeug pro Jahr und damit entsprechende CO₂-Emissionen einsparen können.



Flughafen als komplexes System verstehen

Der Einsatz alternativer Antriebe eröffnet weitere Möglichkeiten. Wenn die Flugzeugtriebwerke ausgeschaltet sind und keine Gefahr mehr für ihr Umfeld darstellen, können Abläufe an Terminals und Gates neugestaltet und optimiert werden. Um diese komplexen Abhängigkeiten und Potenziale zu erkennen und ein effizientes Gesamtkonzept zu gestalten, nutzen die Wissenschaftler:innen den ganzheitlichen, disziplin-übergreifenden Ansatz Systems Engineering. „Komplexe Prozesse neu denken und dabei grüne Technologien einführen: Für diese große Aufgabe betrachten wir den Flughafen als ein Gesamtsystem. Unsere Methoden des Systems Engineering kommen in einem spannenden zukunftsweisenden Umfeld zum Einsatz“, erläutert Dr.-Ing. Christoph Jürgenhake, stellvertretender Abteilungsleiter Systems Engineering am Fraunhofer IEM.

Akzeptanz bei Pilotin, Steward, Passagier und Co schaffen

Autonome Fahrzeuge auf dem Flughafenfeld, digitale Arbeitsmittel und neue Prozesse: Für das Flughafenpersonal, für Passagier:innen und für die Flugzeugbesatzung bedeutet das große Veränderungen. „Das Thema Akzeptanz spielt in unserem Vorhaben eine große Rolle“, betont Prof. René Fahr, Leiter der Fachgruppe Behavioral Economic Engineering and Responsible Management am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. „Dafür planen wir den Aufbau von Demonstra-

toren, mit denen Nutzer:innen virtuell oder hybrid neue Technologien und Prozesse kennenlernen und uns direktes Feedback geben können. Außerdem denken wir das Thema Training und Weiterbildung von vornherein mit.“

Innovationsflughafen Paderborn/Lippstadt

FastGate ist ein Projekt des Innovationsflughafens PAD, der seit 2022 am Flughafen Paderborn/Lippstadt entsteht. Rund 40 Unternehmen aus der Region entwickeln gemeinsam mit dem Kreis Paderborn, dem Flughafen Paderborn/Lippstadt, der Universität Paderborn und dem Fraunhofer IEM nachhaltige Luft- und Raumfahrttechnologien, neuartige Produktionsprozesse und effiziente Flughafeninfrastrukturen. Insgesamt fördert das Land Nordrhein-Westfalen die Projekte des neuen Innovationszentrums in Höhe von mehr als fünf Millionen Euro. ■

Ihr Kontakt

Prof. Dr. René Fahr

Heinz Nixdorf Institut der
Universität Paderborn

rene.fahr@uni-paderborn.de

www.uni-paderborn.de



Forschungsprojekt: Wieviel kostet eine Verspätung die Fluggesellschaft wirklich?



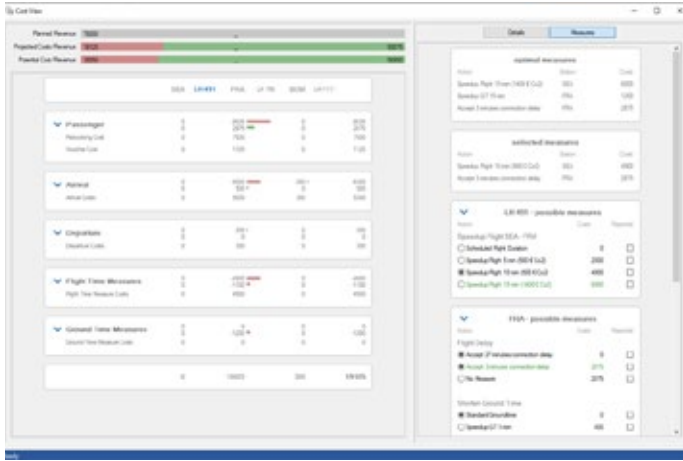
Flugverspätungen verursachen Kosten, sobald sie entstehen: Neue Slots, mehr Treibstoff, Hotelbuchungen, Personalkosten. Betrachtet man das einzelne Flugzeug an einem Flughafen, sind diese Kostenblöcke gut kalkulierbar. Wie aber wirken sich Verspätungen auf ein ganzes Netzwerk aus? Ein mehrjähriges Forschungsprojekt ging dieser Frage nach.

Wer nur wenige Male geflogen ist, weiß: Flugzeugverspätungen scheinen geradezu integraler Bestandteil des Flugbetriebs zu sein. Ein Teil dieser Verspätungen ist weder vorhersehbar noch vermeidbar. Dennoch liegt allen Fluggesellschaften viel daran, sie so weit wie möglich zu vermeiden oder zu minimieren, da sie einen enormen Kostenfaktor darstellen können. Je häufiger Verspätungen innerhalb einer Flotte und Saison eintreten, desto größer sind die direkten und indirekten Kosten für das Unternehmen.

Um einen erweiterten und präziseren Überblick über die Kosten zu erhalten, haben 13 weltweit operierende Unternehmen wie Rolls-Royce, Lufthansa oder das Fraunhofer-Institut beim Forschungsprojekt OPsTIMAL eng zusammengearbeitet; jeder übernahm einen spezifischen Teilbereich. Auch das Aachener Softwareunternehmen INFORM, das mit seiner Software unter anderem die Abläufe am Flughafen rund um den Flug

koordiniert, spielte eine zentrale Rolle. Sein Beitrag in dem Projekt war die „Netzwerkweite Verspätungskostenanalyse und -bewertung eines Airline Hubs“ – ein Hub ist ein Drehkreuz im Flugbetrieb, in Deutschland aktuell die Flughäfen Frankfurt und München. Ziel der Analyse war es, dass alle beteiligten Parteien wissen, welche kostenseitigen Auswirkungen eine Verspätung oder Störung im Netzwerk hat.

Sobald sich ein Flugzeug nach der Landung auf seiner Parkposition befindet, beginnt der sogenannte Turnaround, also der Zeitraum, der benötigt wird, damit das Flugzeug wieder starten kann. Häufig sind das nicht mehr als 40-60 Minuten, in denen viele aufeinander abgestimmte Prozesse stattfinden müssen, deren Abfolge zwingend eingehalten werden muss: Ausstieg von Passagieren, Ausladen von Koffern, Tanken, Reinigung, Neubeladung von Catering und Wasser, Neubeladung von Gepäck und vieles mehr. Ist das



Screenshot der Bedienoberfläche

Flugzeug verspätet, versucht die Airline, die Prozesse zu beschleunigen, um sie schneller abzuschließen und die Verspätung aufzuholen. Dabei entstehen Zusatzkosten: Vor der Landung fliegt das Flugzeug schneller und hat dadurch einen höheren Kerosinverbrauch, für Gepäckentladung, Reinigung und viele andere Prozesse wird häufig mehr Personal benötigt. Wenn Passagiere ihre Anschlussflüge verpassen, muss für sie ein Ersatzflug oder ein Hotelzimmer gebucht werden.

Hebt das Flugzeug aber mit einer weiter vorhandenen Verspätung ab, treten auf dem nächsten Flughafen ähnliche Probleme auf. Es gilt also, das gesamte Netzwerk im Auge zu behalten, um entscheiden zu können, mit welchen Handlungsoptionen sich die Kosten am niedrigsten halten lassen. Das Ziel des INFORM-Projekts war es nun, für das Problem eine Softwarelösung zu entwickeln. Diese soll die netzwerkweiten Verspätungskosten nicht nur analysieren und bewerten, sondern daraus auch konkrete Handlungsempfehlungen ableiten. Damit die dahinterliegenden komplexen Algorithmen arbeiten können, wird das System mit einer Vielzahl von Daten gefüttert. Auch Daten der Crew und Passagiere werden genutzt und in die Kostenberechnung einbezogen. Lars Bönnen, Projektleiter INFORM: „Im Mittelpunkt steht der eigentliche Service, also einen Passagier von A nach B zu bringen. Ergänzend dazu wollen wir das Hub Management bei den Entscheidungen unterstützen, wenn es darum geht, den Turnaround zu verkürzen und die Verspätungen entsprechend zu mindern.“

Dafür werden nun stets die nächsten Destinationen des jeweiligen Flugzeugs mitberücksichtigt – ein komplexer Vorgang, denn je mehr Variablen es gibt, desto stärker multiplizieren sich die zur Verfügung stehenden Handlungsoptionen. Entscheidet sich beispielsweise der



Manager vor Ort zu einer Maßnahme, die zwar das Erreichen von Anschlussflügen einiger Passagiere sichert, an der nächsten Destination jedoch noch höhere Mehrkosten nach sich zieht, muss er Alternativen wählen – die ihm die Software bietet. Um eine übersichtliche Entscheidungshilfe zu geben, hat das Expertenteam eine bestehende Software weiterentwickelt und eine Bedienoberfläche zur Visualisierung von Handlungsoptionen integriert. Lars Bönnen: „Unser wichtigstes Ziel haben wir erreicht: Der User kann jetzt schneller komplexe Entscheidungen treffen, weil er auf einen Blick sieht, was zum Beispiel eine 15-minütige Turnaround-Verkürzung kosten würde oder welche Kosten entstehen würden, wenn keine Maßnahmen getroffen würden.“

INFORM GmbH

INFORM entwickelt Software zur Optimierung von Geschäftsprozessen mittels Digital Decision Making auf Basis von Künstlicher Intelligenz und Operations Research. Sie ergänzt die klassischen IT-Systeme und steigert die Wirtschaftlichkeit und Resilienz vieler Unternehmen. Mehr als 900 Mitarbeiter betreuen heute mehr als 1.000 Kunden weltweit an Flughäfen, in Industrie, Handel, in Häfen, Logistik, Banken und Versicherungen.

Ihr Kontakt

Lars Bönnen

Project Manager

lars.boennen@inform-software.com

www.inform-software.com





Keine neue Luftfahrt ohne neue Ausbildung

Ob IAM, AAM oder UAM, fest steht, die „neue Luftfahrt“ ist auf dem Vormarsch. Und ebenso steht fest, dass man hier Pilot*innen im Cockpit brauchen wird. Doch wie bildet man diese eigentlich aus? Denn die neuen Luftfahrzeuge passen nicht in traditionelle Trainings-Kurrikula. CAE hat sich dieser Thematik angenommen.

Die aktuellen Entwicklungen und jüngsten Fortschritte stellen die aufregendste Zeit in der Luftfahrt seit über einer Generation dar. Die rasanten Entwicklungen und Innovationen im Zusammenhang mit der Elektrifizierung von Flugzeugen, der erweiterten Nutzbarkeit von Luftfahrzeugen sowie den fortschrittlichen Antriebssystemen haben ein neues Paradigma in der Luft- und Raumfahrtindustrie definiert, welches ähnlich revolutionär ist wie die Entwicklung der Jet Engines.

Integrated, Advanced oder Urban Air Mobility (IAM / AAM / UAM) zielen darauf ab, sowohl die Beförderung von Personen als auch den Gütertransport zu revolutionieren. Dies soll vor allem für die Orte Unterstützung bieten, die aktuell noch nicht von einer vielseitigen Auswahl an Verkehrsträgern oder gar von nachhaltigen Transportmethoden profitieren können. Außerdem soll somit der Transport in Ballungsräumen effizienter gestaltbar werden. Die meisten Pioniere dieser „neuen Luftfahrt“ streben die Entwicklung von eVTOLs an, die in Design und Konfiguration variieren können, um je nach Anwendungsfall flexibel zu sein und oft sogar für mehrere Missionen geeignet sind. So sollen sie neben der Personenbeförderung auch im MedEvac-Bereich, in der öffentlichen Sicherheit und anderen herausfordernden Einsätzen einsetzbar sein. Das alles, während die neuen Luftfahrzeuge extrem nachhaltig sind und keine Kohlenstoffemissionen verursachen.

Dennoch darf diese neue Industrie in keiner Weise hinter den Sicherheitsstandards der heutigen, stark sicherheitsorientierten Luft- und Raumfahrtindustrie zurückbleiben. Abgesehen von den Luftfahrzeugen selbst, bedarf es einer zuverlässigen Infrastruktur und eines umfassenden Ökosystems, einschließlich perfekt ausgebildeter Pilot*innen, um von Anfang an einen erfolgreichen und sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Jedoch sehen wir derzeit eine Lücke bei den Simulationstechnologien, die sich mit den Trainingsaufgaben befassen, die für den Betrieb eines eVTOL-Flugzeugs und das Fliegen der einzelnen Missionen erforderlich sind. Bei der Entwicklung von Lösungen für den Advanced Air Mobility-Markt war es wichtig, dass wir ein Produkt designen, das den einzigartigen (wirtschaftlichen) Zielen und Ansprüchen dieser neuen Branche gerecht wird. Dies erforderte ein kosteneffizientes Gerät, das in hohem Maße repräsentativ für die jeweiligen Betriebsumgebungen und für globale Anwendungen und Einsätze skalierbar ist.

CAE's Advanced Air Mobility Team hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, die fortschrittlichste und anpassungsfähigste Learning Experience für Arbeitskräfte seit einer Generation zu entwickeln und zur Verfügung zu stellen.

Der Bereich der AAM wird unseren Schätzungen nach bis 2028 einen Bedarf von etwa 60.000 neuen Pilot*innen

schaffen. Dies erfordert den grundsätzlichen Aufbau eines völlig neuen Personalbestands und zwar in einer Größenordnung, wie wir sie in der Geschichte der Luftfahrt noch nicht erlebt haben. CAE stellt sich dieser Herausforderung und nimmt eine Vorreiterrolle ein, indem man das hauseigene Fachwissen und die entsprechenden Angebote in maßgeschneiderte Lösungen für AAM-Operator und OEMs anpasst und einsetzt.

All diese Überlegungen führten zur Markteinführung des CAE 700MXR Mixed Reality eVTOL Flight Simulator, einem realitätsgetreuen, physikbasierten Mixed-Reality-Flugsimulator, der auf den AAM-Markt zugeschnitten ist. Das Gerät ist für den Single-Piloted-Betrieb und die Flugausbildung in komplexen, urbanen Umgebungen mit einer kompakten Mini-Motion-Plattform und 360°-Sichtfeld-Visualisierungen optimiert. Die Pilot*innen können mit den realen Steuerelementen des Cockpits interagieren, während sie über ein Mixed-Reality-Head-Mounted-Display vollständig in die Synthetic Environment der nächsten Generation eintauchen. Die Mixed-Reality-Simulation (MR) überbrückt dabei die Lücke zwischen der physischen und der virtuellen Welt, um den künftigen eVTOL-Pilot*innen eine unvergleichliche Trainingserfahrung zu bieten.

MR ist eine Technologie, die die physische Realität und digitale Umgebungen kombiniert, um Interaktionen mit der realen Welt zwischen virtuellen Objekten zu ermöglichen. Die Nutzung dieser Technologie für die Flugsimulation und die Pilot*innenausbildung eignet sich hervorragend zur Bewältigung zentraler Herausforderungen der Luftfahrtindustrie wie Kostendruck und Pilot*innenmangel.

CAE ist überzeugt, dass die Mixed Reality-Technologie in Verbindung mit einer realitätsgetreuen, physikbasierten Luftfahrzeug- und Umweltsimulation eine Verbesserung der Produktivität, Skalierbarkeit und Kosteneffizienz bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des höchsten Ausbildungsstandards und Sicherheitsniveaus ermöglicht, was im Rahmen der AAM von großer Bedeutung ist. Der 700MXR nutzt ebenfalls künstliche Intelligenz und Machine Learning, um eine realistische Darstellung des Luft- und Fußgängerverkehrs zu ermöglichen.

Angesichts der Vorreiterrolle Deutschlands in diesem Bereich ist es keine Überraschung, dass Volocopter, führender Pionier im Bereich AAM, der Launching-Partner für dieses innovative und futuristische Trainingsgerät ist.

Darüber hinaus umfasst die strategische Partnerschaft die Entwicklung, Zertifizierung und Einführung eines innovativen Pilot*innenausbildungsprogramms für den Volocity eVTOL. CAE wird im Gleichschritt mit dem Wachstum von Volocopter Ausbildungsgeräte und Ausbilder*innen bereitstellen und als Volocopters Kursanbieter neue, Auszubildenden zentrierte Kurrikula erstellen, die speziell für die Pilot*innen der Zukunft konzipiert sind. CAE und Volocopter arbeiten Hand in Hand, um den Launch des Flugbetriebs seitens Volocopter für die Olympischen und Paralympischen Spiele 2024 in Paris, Frankreich, zu unterstützen. Dies wird ein Sprungbrett und das wichtigste Ereignis sein, um den Weg für AAM in Europa zu ebnen.

CAE

CAE ist ein Hightech-Unternehmen, das die digitale und die physische Welt näher zusammenbringt, um eine sicherere Welt zu schaffen. Die Vision von CAE ist es, der Partner der Wahl in den Bereichen Zivilluftfahrt, Verteidigung und Sicherheit sowie Gesundheitswesen zu sein, indem wir die Ausbildung und die kritischen Abläufe unserer Kunden mit digital immersiven Lösungen revolutionieren, um die Sicherheit, Effizienz und Bereitschaft zu erhöhen. CAE ist weltweit tätig und beschäftigt mehr als 13.000 Mitarbeiter an über 200 Standorten in mehr als 40 Ländern. Die Europazentrale befindet sich in Stolberg, Nordrhein-Westfalen. ■

Ihr Kontakt

Mona Teresa Trenkner

Manager European Strategy

monateresa.trenkner@cae.com



Stella-Marissa Hughes

Advanced Air Mobility
Strategy, Business
Development &
Partnerships Leader

stellamarissa.hughes@cae.com



www.cae.com



Urban and Regional Air Freight – URAF

Im Projekt „Urban and Regional Air Freight – URAF“ wird die emissionsarme Luftfracht der Zukunft mit Hilfe elektrischer Fluggeräte erforscht. Das Projekt zielt auf die Konzeption und Modellierung einer lokal emissionsfreien und geräuscharmen Logistikkette für eine beispielhafte Strecke in Nordrhein-Westfalen ab.

Zunehmende Verstädterung und steigende Transportleistungen in entwickelten Industrienationen bringen bestehende Verkehrsnetze und damit einhergehende Belastungen für die Bevölkerung an ihre Grenzen. Zu den dringlichsten Problematiken zählen das hohe Verkehrsaufkommen sowie die resultierende Schadstoff- und Lärmbelastung in den Innenstädten. Diese Entwicklung wird durch den steigenden Bedarf nach möglichst kurzfristigen Lieferungen von Waren für Privatpersonen und Unternehmen verstärkt. Die neuesten Entwicklungen im Bereich elektrischer Kleinflugzeuge sowie Vertikalstarter eröffnen hierfür neue Lösungsoptionen.

Das Projekt „Urban and Regional Air Freight – URAF“ zielt auf die Konzeptionierung und Modellierung einer „grünen“ Logistikkette ab, welche auf lokal emissions-

freien, elektrisch betriebenen und geräuscharmen Luft- und Bodenfahrzeugen basiert. Die im Projekt anvisierte Logistikkette startet an einem internationalen Verkehrsflughafen, führt über einen stadtnahen Verkehrslandeplatz zu urbanen Cityhubs und endet beim Endkunden an der Haustür. Im Rahmen des Projektes wird diese Logistikkette beispielhaft auf der Strecke Köln-Aachen untersucht; der Flughafen Köln/Bonn sowie der Flugplatz Aachen-Merzbrück stellen die beispielhaften Infrastrukturen für eine Logistikkette bis in die Städteregion Aachen dar. Der Transport zwischen dem internationalen Verkehrsflughafen und dem Verkehrslandeplatz erfolgt dabei durch ein elektrisches bzw. elektrohybrides Kleinflächenflugzeug. Am Verkehrslandeplatz werden Schwerlastdrohnen zum Weitertransport zu den urbanen Cityhubs eingesetzt. Die „Letzte Meile“



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

der Lieferkette realisieren Lastenfahrräder und elektrische Lieferfahrzeuge.

Das Projekt umfasst zunächst die Überprüfung der rechtlichen Machbarkeit der anvisierten Transportlogistikkette, da diese verschiedene neuartige Fluggeräte und Flugführungsansätze beinhaltet. Auf Basis der identifizierten rechtlichen Anforderungen und zusätzlichen betrieblichen Kriterien erfolgt die (Weiter-)Entwicklung der neuartigen Fluggeräte (Kleinflächenflugzeug und Schwerlastdrohne) sowie der Infrastrukturen am Verkehrslandeplatz und an den urbanen Cityhubs. Zusätzlich wird eine Containerbox entwickelt, die entlang der gesamten Logistikkette verwendet werden soll, um Zeitersparnisse zu erzielen und die Sicherheitsanforderungen an die Beladung der (Luft-)Fahrzeuge zu erfüllen. Durch die Betrachtung einer Modellstrecke im Raum NRW und die Beteiligung relevanter Akteure im Projektkonsortium kann der Forschungsansatz unter konkreten Rahmenbedingungen verfolgt werden. Zusätzlich wird die Belastbarkeit der Ergebnisse, wie etwa der simulationsbasierten Ermittlung von Lieferzeiten und Durchsatzkapazitäten an den Umschlagplätzen, durch die Einbindung praxisnaher Unternehmen gesteigert.

Die entwickelten Konzepte im Hinblick auf die anvisierten Fluggeräte, Infrastrukturen und Prozessabläufe werden abschließend in eine Roadmap zusammengeführt, welche

an potentielle Akteure aus Industrie und öffentlicher Hand gerichtet ist. Die enthaltenen Handlungsempfehlungen beschreiben dabei unter anderem modulare Implementierungsstrategien, um das ermittelte Potential des neuen Logistikansatzes nutzbar zu machen. Das Projekt liefert somit einen Beitrag, um NRW für die zukünftigen Möglichkeiten einer erweiterten luftgestützten Logistik bestmöglich aufzustellen und diesen Standort zu einer Modellregion zu entwickeln.

Das Projekt wurde im Zeitraum September 2019 - Dezember 2022 bearbeitet. Im Rahmen der Veranstaltung „Tag der Drohnen“, welche am 29. Oktober 2022 im OecherLab in Aachen stattfand, wurden einige der Projektinhalte und -ergebnisse demonstriert. Das Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert. ■

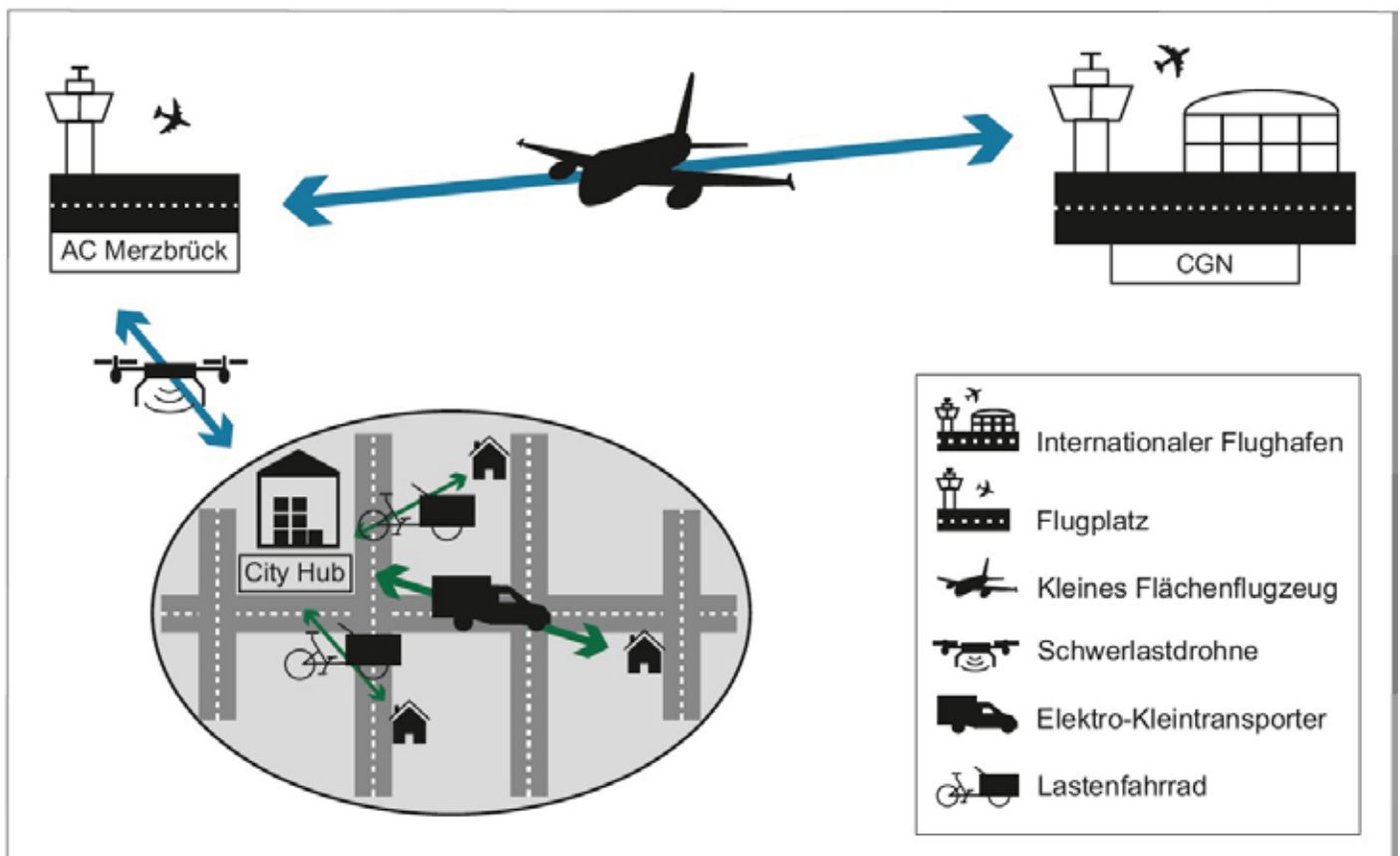
Ihr Kontakt

Eva Feldhoff, M.Sc

Wissenschaftliche
Mitarbeiterin

feldhoff@via.rwth-aachen.de

www.via.rwth-aachen.de



Anthropogene CO₂-Emissionen zuverlässig aufspüren - Globales Monitoring mittels Spektrometermessungen

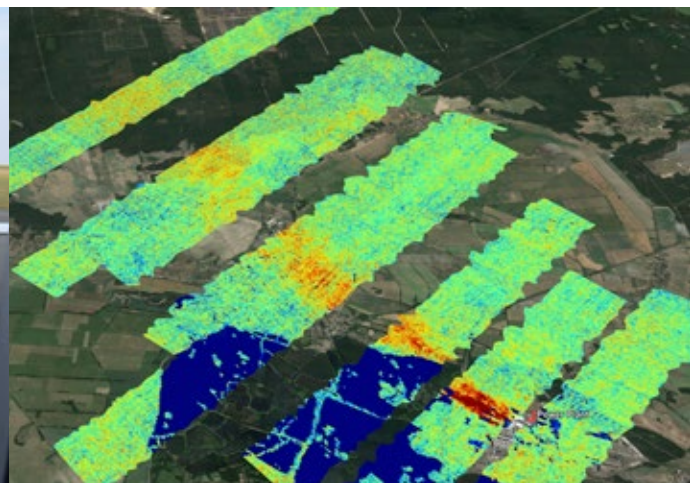
Satelliten- und flugzeuggestützte Spektrometer sollen die anthropogene CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre künftig mit hoher Genauigkeit erfassen. Für präzise Messergebnisse sorgt dabei unter anderem ein neuartiger 2D-Spalthomogenisator, der auf Faseroptiken des Bonner Glasfaserspezialisten CeramOptec basiert.

Menschengemachte Kohlenstoffdioxid-Emissionen einzelner Städte und Länder zu ermitteln, ist von wesentlicher Bedeutung für die internationale Klimapolitik – und doch mit herkömmlichen Messungen durch Bodenstationen kaum realisierbar. Präzise Daten versprechen hingegen satelliten- und flugzeuggestützte Messungen unter Einsatz spektroskopischer Instrumente. Sie ermöglichen es, die atmosphärische CO₂-Konzentration mit hoher Detailliertheit, Genauigkeit und räumlicher Abdeckung zu überwachen. Eingesetzt werden dazu bildgebende Spektrometer, die im kurzwelligen Infrarotbereich arbeiten und während des Flugs die Erdoberfläche kontinuierlich abtasten. Die Bodenszene – also der analysierte Abschnitt der Erdoberfläche samt der darüber befindlichen Atmosphäre – wird dabei über ein Teleskop

auf den Eingangsspalt des Spektrometers abgebildet. Mithilfe dieser Technik wird eine hohe Messgenauigkeit erzielt, durch die sich sogar die Abgasfahnen einzelner Emissionsquellen wie etwa großer Kohlekraftwerke zielgenau identifizieren lassen. Doch um eine derart hohe Präzision zu gewährleisten, muss eine Vielzahl möglicher Fehlerquellen eliminiert werden – darunter die inhomogene Ausleuchtung des Spektrometerspalts. Diese entsteht bei schwankenden Kontrasten in der beobachteten Erdszene, die bspw. durch die planetare Albedo oder Wolken hervorgerufen werden. Kommt es zu einer solchen inhomogenen Ausleuchtung, kann die spektrale Antwortfunktion des Instruments (Instrument Spectral Response Function, kurz ISRF) stark variieren, was zu falschen Messergebnissen führt.



Das Forschungsflugzeug (Motorseglers) der Jade-Hochschule Wilhelmshaven beim Einbau des MAMAP2DL-Sensors im Außenlastbehälter unter dem Flügel. Damit wurde im Jahr 2021 das Braunkohlekraftwerk in Jänschwalde überflogen und dessen Emissionen gemessen. © Universität Bremen, Institut für Umweltphysik.



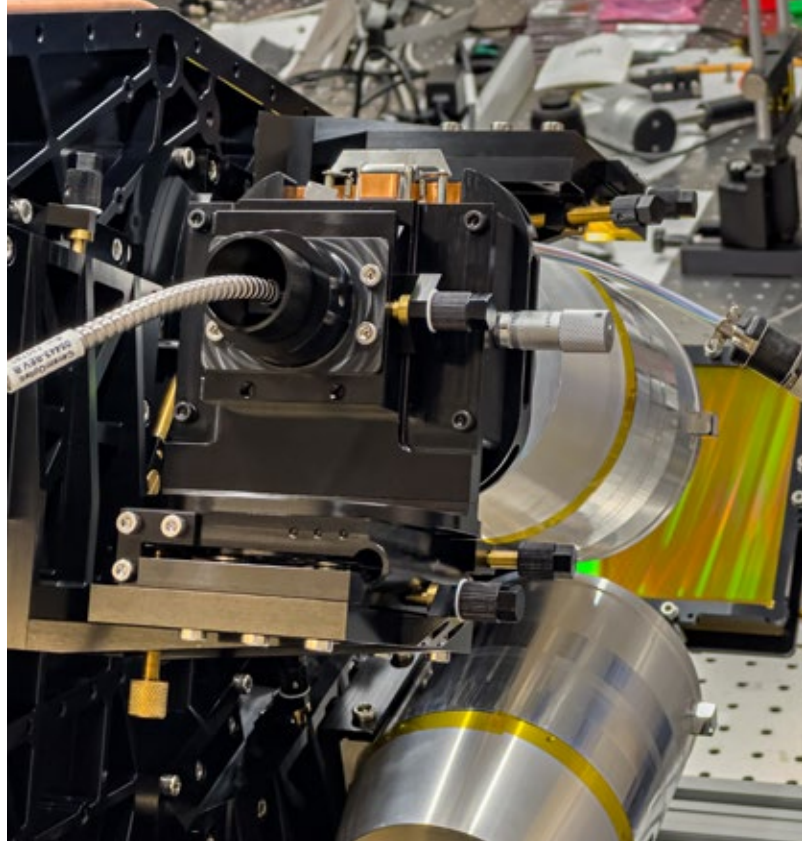
CO₂-Abluftfahne des Braunkohlekraftwerks Jänschwalde, aufgenommen im Sommer 2021 mit dem flugzeuggestützten bildgebenden Treibhausgasspektrometer MAMAP2DL der Universität Bremen. ©Universität Bremen, Institut für Umweltphysik

Wie sich solche ISRF-Variationen vermeiden lassen, wird bereits seit über 10 Jahren vom Institut für Umweltphysik an der Universität Bremen untersucht. Als besonders zuverlässiger Lösungsansatz hat sich dabei ein faserbasierter Spalthomogenisator herausgestellt. In der Ausführung für die CO₂M-Satellitenmission besteht dieser sogenannte 2D-Slit-Homogenizer (2DSH) aus 120 rechteckigen Multimode-Faseroptiken mit einer Abmessung von jeweils 319 µm x 121 µm, die entlang des Sichtfeldes des vorgelagerten Teleskops im Spalt gestapelt werden. Durch die rechteckige Geometrie des Faserkerns wird das eingekoppelte Licht auf seinem Weg durch die je 20 mm langen Faseroptiken mehrfach reflektiert, was für eine gleichmäßige Energieverteilung sorgt und so eine Abschwächung der inhomogenen Erdszenenkontraste bewirkt. Das Ergebnis sind stabile Spaltbilder in der Fokusebene ohne ISRF-Variationen.

Im Jahr 2021 wurde der 2DSH erfolgreich im flugzeuggestützten Spektrometersystem MAMAP2D-Light der Universität Bremen getestet: Dabei wurde eine derart hohe Messgenauigkeit erreicht, dass sogar einzelne CO₂-Abluftfahnen erfasst werden konnten, z.B. die des Braunkohlekraftwerks Jämschwalde. Zukünftig wird an Bord des Flugzeugdemonstrators CAMAP, der ebenfalls an der Universität Bremen entwickelt und gebaut wird, die nächste Spalthomogenisator-Generation erprobt. Das Projekt dient zur Vorbereitung auf die CO₂M-Satellitenmission (Copernicus Anthropogenic Carbon Dioxide Monitoring) des größten europäischen Erdbeobachtungsprogramms „Copernicus“. Im Rahmen der für 2026 geplanten Mission soll der neuartige 2D-Spalthomogenisator dann erstmals an Bord eines Satelliten eingesetzt werden und so die globale Kartografierung von CO₂-Emissionen unterstützen.

Engster Projektpartner der Universität bei der Entwicklung des 2DSH ist der Faseroptik-Spezialist CeramOptec: Das Bonner Unternehmen verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung im Bereich der optischen Technologien und kann mit seiner WFNS-Faser eine Spezialfaser-Lösung bieten, die selbst unter den rauen Bedingungen im Weltall einwandfreie Übertragungsergebnisse liefert. Die Faser überzeugt durch ihre äußerst geringen Dämpfungsverluste und bietet im Gegensatz zu herkömmlichen Glasfasern auch bei starker UV-Strahlung eine hohe Langzeitstabilität und exzellente Transmission.

Darüber hinaus kann die WFNS-Faser bei Betriebstemperaturen zwischen -190 °C und +350 °C eingesetzt wer-



MAMAP2D-Laboraufbau: Einkopplung des Glasfaserbündels mit 2DSH in die Spaltebene, dahinter Spektrometeroptik mit Reflektionsgitter ©Universität Bremen, Institut für Umweltphysik.

den und hält damit auch den Extremtemperaturen in großer Höhe sowie außerhalb der Erdatmosphäre stand. Sie ist durch diese Eigenschaften bestens für den Einsatz an Bord der flugzeug- und satellitengestützten Missionen gerüstet und kann die Spektrometer zuverlässig bei der Bestimmung anthropogener Kohlenstoffdioxidemissionen unterstützen. Einem präzisen CO₂-Monitoring im Kampf gegen den Klimawandel steht damit nichts mehr im Wege. ■

Ihr Kontakt

Heinrich Bovensmann

Wissenschaftlicher
Geschäftsführer, Institut für
Umweltphysik, Universität
Bremen

heinrich.bovensmann@uni-bremen.de

www.iup.uni-bremen.de



Holger Bäuerle

Vice Managing Director
CeramOptec GmbH

Holger.Baeyerle@ceramoptec.com

www.ceramoptec.de



Multi-IoT-Gateway für resiliente Nano-Satellitenkommunikation



Können Sie sich eine Welt mit Starlink® für das Internet der Dinge vorstellen? Genau daran arbeitet das Team in Zusammenarbeit mit Swarm Technologies Inc. Das auf Satellitentechnik spezialisierte Unternehmen Swarm arbeitet in den USA an ultrakompakten Satelliten für den Einsatz im niederen Orbit.

Über 140 sind bereits in der Erdumlaufbahn und bleiben nach dem Launch mindestens 10 Jahre aktiv. Die Energieversorgung ist autark mit Solarenergie. Die Swarm SpaceBEEs (Basic Electronic Elements) liefern Zweiwegekommunikation mit geringer Bandbreite. Zusammen bieten die Unternehmen die weltweit kostengünstigste Konnektivität für IoT-Geräte und IoT-Systeme. Schwarm-satelliten decken jeden Punkt der Erde ab und ermöglichen IoT-Geräten den kostengünstigen Betrieb an jedem Ort. GREATECH baut und liefert die kompatiblen IoT-Gateways dazu. Diese werden in Deutschland gefertigt und stets weiterentwickelt und verbessert.

Das effiziente Multi-IoT-Gateway bietet eine vielseitige Drahtlos-Kommunikation, gepaart mit modernster Nano-satelliten-Technologie und den neuesten IoT-Netzwerk-protokollen. Es wurde von einem Team, bestehend aus Elektronik- und Funk-Spezialisten, entwickelt und wird seit 2022 in zwei Varianten in Nordrhein-Westfalen (NRW) produziert. Die wachsende Nachfrage kommt aus den unterschiedlichsten Branchen: Land- und Forstwirtschaft, maritimer Sektor, Energie- und Versorgungsunternehmen, Transport und Logistik, Kreislaufwirtschaft. Das kompakte Multi-IoT-Gateway ist in der Basisvariante gerade mal 63,5 mm x 116 mm x 120 mm klein und kommt mit vier



Module für die terrestrische IoT-Kommunikation

Das Gateway kann per Funk wahlweise mit IoT-Netzwerken wie LoRaWAN, Sigfox, Mioty und Wireless M-Bus für terrestrischen Funk verbunden werden. Für die Satellitenkommunikation ist Swarm zuständig.

analogen Eingängen (0V -10 V, 4 mA – 20 mA) und zwei digitalen Eingängen und zwei digitalen Ausgängen (MOSFET). Die Satelliten-kommunikation funktioniert bidirektional mit 1 kbps. Kommerzielle Lizenzen zur uneingeschränkten Nutzung der Systeme und Daten existieren bereits in über 20 Ländern; jeden Monat kommen weitere Länder hinzu.

GREATECH hat mehrere Jahrzehnte Erfahrung im Entwickeln und Produzieren von hochwertigen Systemen für unterschiedlichste Anwendungsbereiche. Die enge Zusammenarbeit mit dem US-High-Tech-Unternehmen Swarm Technologies Inc. ist eine logische Fortsetzung der erfolgreichen zwei Jahrzehnte, in denen das Unternehmen von Deutschland aus Kunden weltweit beliefert.

Ein großer Vorteil der IoT-Satellitenkommunikation ist die redundante Abdeckung großer Flächen, mit zuverlässigem, bezahlbarem Internet für Objekte. Zum Beispiel können Fischerboote und Fischfarmen vor den Küsten gleichermaßen vernetzt werden, wie Fischfarmen im Inland. Der Lösungsvielfalt sind dabei kaum Grenzen gesetzt. Derzeit arbeiten die Hersteller von Smartphones mit Hochdruck an der Bereitstellung von effizientem Internet via Satellit. Es ist gut denkbar, dass auch die Swarm Satelliten, das Multi-IoT-Gateway und die kompatiblen Sensoren in das Ökosystem eingebunden werden.

LPWA-Netzwerke mit LoRaWAN haben gezeigt, dass diese neuen Technologien sich auch bestens dazu eignen, entlegene Gebiete und Personengruppen die Vorteile nahezu unbegrenzter Datenkommunikation zu bieten. Die Barrieren beim Einstieg und Kosten sind mittlerweile äußerst gering beziehungsweise kostengünstig. Somit sind die einzigen Voraussetzungen eine gezielte Entscheidung und Tatendrang. Mit unseren Partnern freuen wir uns auf Anfragen und gemeinsame Projekte mit seriösen Interessenten gemeinsam das Internet der Dinge für alle zugänglich und bezahlbar zu machen.

GREATECH

Seit Jahr 2003 ist das in Nordrhein-Westfalen gegründete Unternehmen als Entwickler und Hersteller für Funksensoren und Gateways aktiv. Den Großteil der Projekte beliefert der Spezialist für Funktechnik als OEM-Lieferant. Namhafte Kunden aus dem Bereich Lebensmittelhandel werden mit hochwertigen Tiefkühlsensoren ausgestattet, die Daten zuverlässig und präzise an lokale Gateways aus eigener Herstellung übertragen. In den folgenden Jahren entwickelten sich starke Partnerschaften mit international führenden Modulherstellern und neue Funksysteme wurden entwickelt. Zum Beispiel CO₂-Sensoren nach Automobilstandard, IoT-Wetterstationen und Produkte für telemedizinische Anwendungen.

Seit 2016 ist GREATECH offizieller Deutschland Channel Partner des französischen Unternehmens Sigfox®, welches namensgebend für eines der weltweit führenden IoT-Netzwerke ist. Die offiziellen Workshops in Düsseldorf und Bochum wurden von Sigfox und GREATECH gemeinsam organisiert und ausgetragen. Spezialmodule und Serienprodukte mit LPWA-Schnittstelle für Sigfox, LoRaWAN, mioty®, Wireless M-Bus und anderen Netzwerkprotokollen ergänzen das Portfolio. Zum Kundenkreis von GREATECH gehören auch Hidden Champions, welche mit OEM-Ware beliefert werden. ■

Ihr Kontakt

Christoph Grundig

Co-Founder

chris.grundig@greatech.de

www.greatech.de



Nachhaltigkeit in der Luftfahrtindustrie – Grüner fliegen mit EcoFloor

Der Einsatz nachhaltiger und recycelter Rohstoffe in der Luftfahrt wird im Kontext des Klimawandels immer wichtiger. Wie Bodenplatten für den Kabinenbereich in der zivilen Luftfahrt nachhaltiger gestaltet werden können, wird im Projekt EcoFloor untersucht.

Im Rahmen des Projektes EcoFloor, das vom Faserinstitut Bremen e.V., der ITA Augsburg gGmbH sowie dem Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University durchgeführt wird, wird der Einsatz von Verstärkungshalbzeugen aus recycelten Carbonfasern (rCF) in Sandwich-Bodenplatten untersucht. Dazu wird zunächst ein Verfahren entwickelt, um Bänder aus rCF zu Garnen und weiter zu Multiaxialgelegen oder Geweben zu verarbeiten (s. Abb. S. 28). Diese Herstellungsverfahren für textile Halbzeuge aus Primär-Carbonfasern sind industriell bereits etabliert. Derzeit werden jedoch fast ausschließlich Glas- oder Carbonfaserrovings verarbeitet. Solche Rovings, worunter Bündel aus tausenden einzelnen Endlosfasern verstanden werden, haben andere Verarbeitungseigenschaften als Garne aus recycelten Kurzfasern. Garne besitzen durch die unterschiedlichen Faserlängen und ggf. variable Ausrichtung der darin enthaltenen Kurzfasern eine ungleichmäßigere Oberfläche im Vergleich zu Halbzeugen aus Endlosfasern. Diese Ungleichmäßigkeit erschwert die Verarbeitung zu textilen Halbzeugen. Daher müssen die Prozessparameter zur Herstellung und Verarbeitung grundlegend neu er-

arbeitet werden. Erste Ansätze hierfür wurden bereits in Vorgängerprojekten untersucht und werden im Rahmen des Projektes weiter ausgearbeitet bzw. variiert.

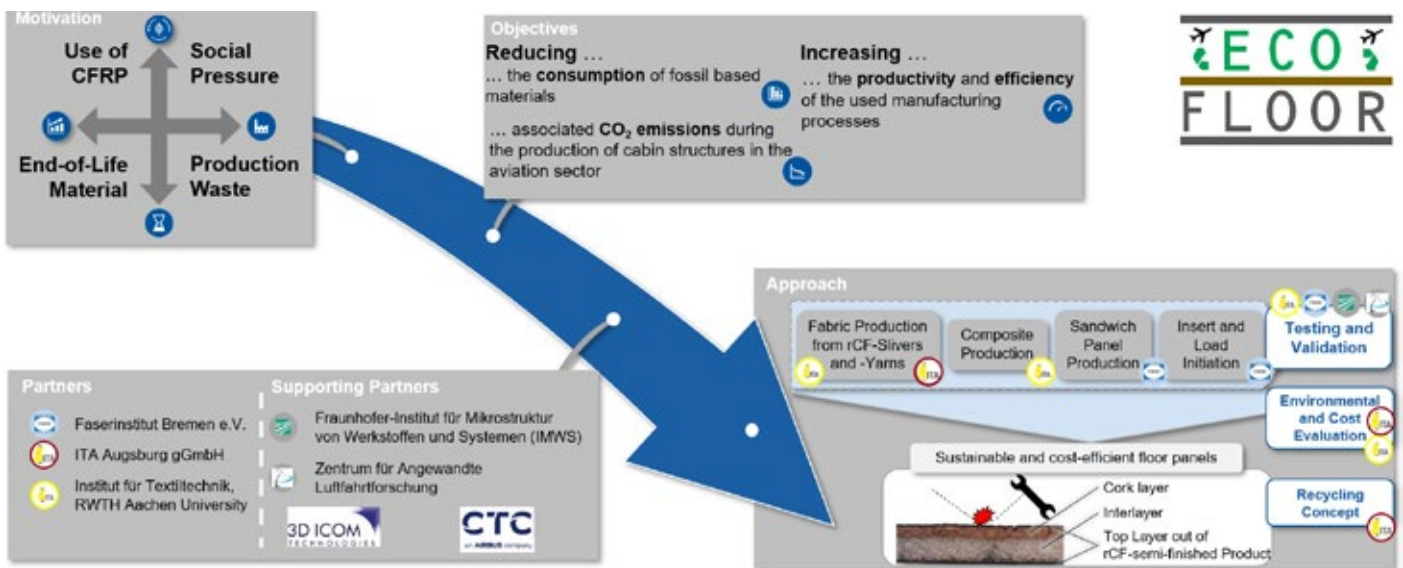
In der Folge werden die hergestellten Halbzeuge in einen flächigen Sandwich-Verbund eingebracht. Dieser Verbund enthält weiterhin eine Korkschicht sowie einen Schaumstoffkern, welcher herkömmlich in der zivilen Luftfahrt eingesetzte Wabenkerne ersetzen soll (s. Abb. S. 29). Die so entstehende Sandwich-Bodenplatte wird hinsichtlich ihrer mechanischen und akustischen Eigenschaften untersucht und optimiert. Das Ziel ist es, erste Nachweise zur Erfüllung der Qualitätsanforderungen in der Luftfahrtbranche zu erbringen. Dies beinhaltet auch die Untersuchung und Bewertung der eingesetzten Herstellungsprozesse. Besonders die Handhabung der Halbzeuge sowie deren Tränkverhalten sind von entscheidender Bedeutung für zukünftige Anwender. Nur, wenn das Verhalten der Halbzeuge in der Verarbeitung vergleichbar oder gar identisch ist zum Verhalten von Halbzeugen aus Primärfasern, ist ein Einsatz für die industrielle Anwendung attraktiv.



Quelle: IGF-Projekt CarboYarn



Darüber hinaus sind die mechanischen Eigenschaften des Verbundes von großer Relevanz. Durch die Kenntnis der erzielbaren Eigenschaften können neue Anwendungsbereiche erschlossen und bestehende Anwendungsgebiete von Carbonfasern ggf. durch rCF ergänzt werden. Die mechanischen Eigenschaften eines Verbundes sind



abhängig von einer Vielzahl von Faktoren – auf der Faser- bis hin zur Halbzeugebene. So können bspw. die Faser-Matrix-Haftung sowie Harzester oder Leerstellen die mechanischen Eigenschaften beeinflussen. Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den erzielbaren mechanischen Eigenschaften und den eingesetzten Halbzeugen ist ebenfalls Teil des Projektes EcoFloor. Als Zielwert für die mechanischen Eigenschaften des rCF-Verbundes wird die Erreichung von 80 % der mechanischen Eigenschaften im Vergleich zu einem Verbundwerkstoff aus Primärfasern angestrebt. Durch den Einsatz von rCF soll am Ende des Projektes zudem eine Reduktion der CO₂-Emissionen von 50 % in der Halbzeugherstellung erreicht werden. Um diesen Kennwert zu ermitteln, wird am Projektende eine Lebenszyklusanalyse (LCA) der Halbzeugherstellung durchgeführt. Die so erhobenen Daten dienen der Einordnung des Prozesses im Vergleich zu bestehenden Herstellungsprozessen aus Primärfasern und können zur Bewertung und Vermarktung der Produkte genutzt werden.

Abschließend werden aus den durchgeführten Versuchen Handlungsempfehlungen für den Umgang mit rCF-Halbzeugen abgeleitet. Diese Handlungsempfehlungen sind von zentraler Bedeutung, um nachhaltige Konzepte in der zivilen Luftfahrt zu etablieren. Nur durch eine Gewichtsreduktion sowie den Einsatz nachhaltiger Ressourcen kann die zivile Luftfahrt als Transportmittel der Zukunft gestaltet werden.

Das Projekt EcoFloor wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Luftforschungsprogrammes VI-2 gefördert. An der Projektbearbeitung sind das Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), die ITA Augsburg GmbH, das Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University (ITA) sowie drei projektbegleitende Unternehmen (CTC GmbH, Stade; 3D-ICOM GmbH & Co. KG, Hamburg; ZAL GmbH, Hamburg) beteiligt.

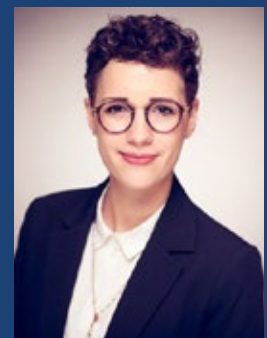
Ihr Kontakt

Rebecca Emmerich

Wissenschaftliche
Mitarbeiterin

rebecca.emmerich@ita.
rwth-aachen.de

www.ita.rwth-aachen.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Für eine umweltfreundliche Luftfahrt: Forschung an effizienten Propellern

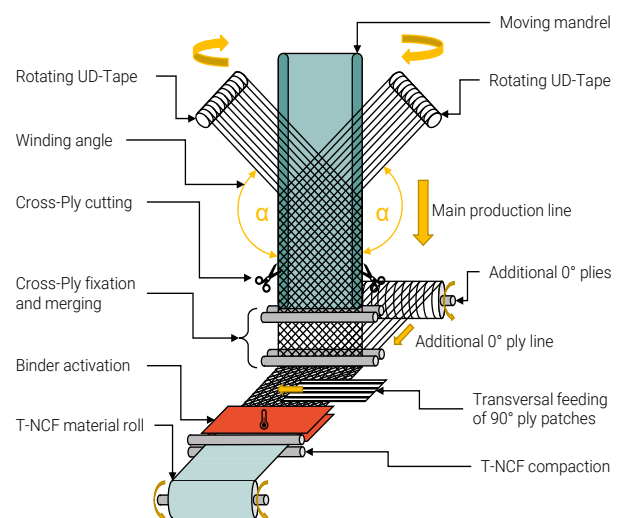
Die Elektrifizierung des Luftverkehrs steht derzeit im Mittelpunkt der nachhaltigkeitsorientierten Luftfahrtbranche. Fliegende elektrische Transportmittel wie Lufttaxis, Kleinflugzeuge oder Drohnen benötigen jedoch leichte und gleichzeitig extrem leistungsfähige Propeller. Die Herausforderung: Mit den aktuellen Produktionsmethoden können solche Propeller in der zukünftig benötigten Menge nicht für „E-Flieger“ hergestellt werden.

Die Anforderungen an einen hocheffizienten Propeller und dessen Produktion sind vielfältig. Neben hohen Ansprüchen an die mechanischen Eigenschaften, sind Produktionszahlen, Bauteilqualität und letztlich Herstellungskosten ausschlaggebende Faktoren. Ein diese Ansprüche umfassendes Konzept kann nur durch einen holistischen Ansatz erreicht werden. Hieran arbeiten die FH Aachen, Helix Carbon GmbH und Fibraworks GmbH in einem Kooperationsprojekt mit dem Titel „Entwicklung effizienter Auslegungs- und Fertigungsmethoden von Propellern für eVTOL und General Aviation unter Einsatz innovativer tailored Non-Crimp-Fabrics - pro.Evolution“.

Ein Hauptfokus liegt dabei auf der Verwendung sogenannter „Non-crimp fabrics“ (NCF). Dies sind spezielle Faserverbundhalbzeuge, die im Gegensatz zu den weitläufigen Fasergeweben höhere Leichtbaugüte durch fehlende Faserondulation erreichen. Die im Endprodukt besseren mechanischen Eigenschaften kommen jedoch mit einigen Herausforderung in der Verarbeitung. Diese Herausforderungen müssen im Halbzeugproduktions- und im späteren Propellerherstellprozess berücksichtigt werden. Der Produktionsprozess der Faserhalbzeuge stellt dabei eine Besonderheit dar. Fibraworks GmbH bietet mit ihrer patentierten Faserwickelmaschine einen platz- und zeitsparenden Produktionsprozess für die Non-crimp fabrics. Der hohe Freiheitsgrad in Ablageausrichtung der trockenen Fasern durch die Wickelmaschine und der zusätzliche Aufbau einer anknüpfenden

Fertigungsstraße ermöglicht die Herstellung sogenannter „tailored NCF“ (T-NCF). Dies bedeutet auf den Anwendungsfall maßgeschneiderte Halbzeuge. Dabei bezieht sich das „maßgeschneidert“ sowohl auf hohe Produktionseffizienz als auch auf lastfallgerechte mechanische Eigenschaften des Endprodukts. Eine schematische Darstellung eines möglichen Fertigungsprozesses solcher Faserhalbzeuge ist in nachstehender Abbildung zu sehen.

Ein weiterer Hauptaspekt des Projektes ist die Entwicklung einer Simulationssoftware, die in Zukunft eine automatisierte Auslegung der T-NCFs auf Basis mechanischer Ansprüche, Fertigungsparameter und Bauteilqualitätsan-



©Fibraworks GmbH

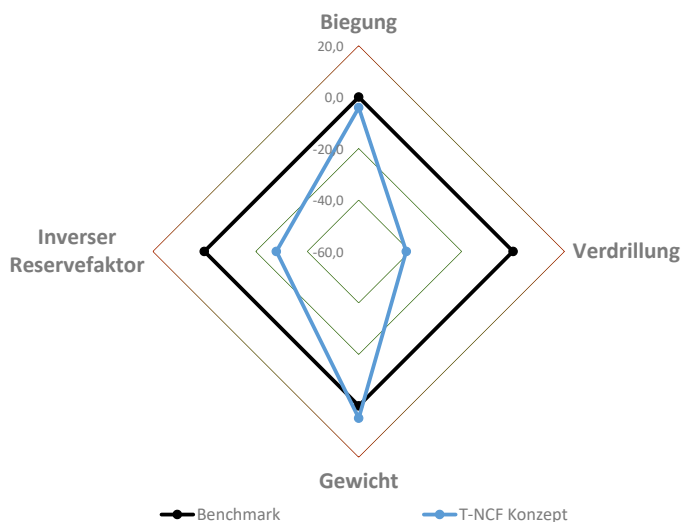


Projektmitglieder v.l.n.r.: Lars Linnemann und Konrad Dziamski (Fibraworks GmbH), Nikolaus von Kummer (Helix Carbon GmbH), Tobias Weber und Rico Hubert (FH Aachen)

sprüchen ermöglicht. Mittelständische Unternehmen wie die Helix Carbon GmbH sollen dadurch in Zukunft Laminatstrukturen für Propeller holistisch auslegen können, ohne auf teure und komplexe Simulationen oder kostenintensive iterative Auslegungen zurückgreifen zu müssen. Ein derart optimierter Propeller leistet einen direkten Beitrag zur Effizienzsteigerung der elektrischen Luftfahrt.

Um einen ersten Anhaltspunkt für die Entwicklung eines T-NCF basierten Propellers zu erreichen, wurden zunächst statische Eigenschaften analytisch und simulativ bestimmt. Diese ermittelten Werte wurden wiederum verwendet, um Zielwerte für ein T-NCF Design zu entwickeln.

Ein Vergleich zwischen Propeller auf Basis bereits existierender Laminataufbauten (Benchmark Propeller) und Propeller mit erstem konzeptionellem T-NCF ist in der nachfolgenden Abbildung zu sehen.



Zu erkennen ist demnach, dass mit einem anderen Fasermaterial auf Basis eines an Lastfall und Produktionsbedingungen angepassten T-NCF ein Propeller mit teils deutlich besseren mechanischen Eigenschaften gefertigt werden kann. Beispielsweise lässt sich die Verdrillung des Propellers um fast 60 % reduzieren, was auch die Leistungsfähigkeit im Betrieb verbessern sollte. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass sich Materialkosten sowie Arbeitsschritte beim Zuschneiden und Laminieren der Halbzeuge deutlich reduzieren lassen.

Es bedarf weiterer Analysen, um das Handhabungsverhalten der Halbzeuge besser einschätzen zu können sowie auch Fertigungen einzelner Materialproben, um genauere Eindrücke der zu erreichenden Bauteilqualität zu erhalten. Wichtig ist vor allem die Berücksichtigung der gesamten Prozesskette bei der Auslegung und Entwicklung des Propellers. Am Ende soll ein Ansatz für die Herstellung der Halbzeuge und deren Verarbeitung zu einem Propeller entwickelt werden, der der Helix Carbon GmbH zukünftig befähigt, hocheffiziente Propeller in hohen Stückzahlen mit geringen Ausschussraten herzustellen.

Dieses Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Ihr Kontakt

Prof. Dr.-Ing Tobias A. Weber

Zuständig für
Projekte im Bereich
Faserverbundwerkstoffe

t.weber@fh-aachen.de

<https://www.fh-aachen.de/fachbereiche/luft-und-raumfahrttechnik>



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Entwicklung von Fertigungsprozessen großflächiger, thermoplastischer Strukturbauteile

Im Forschungsvorhaben „OSFIT-Frame“ entwickelte acs Umform-/Spritzgieß- und Handlingprozesse zur Fertigung tragender Strukturbauteile, die durch PAG und Airbus für den Einsatz im A320/A350 vorgesehen sind. Anlagenpark und Prozess-Know-How im acs ermöglichen eine effiziente und technologieübergreifende Entwicklung.

Das Konsortium in OSFIT-Frame (One Shot Fully Integrated Thermoplastic Frame) entwickelt eine Technologie zur Herstellung von typischen Integralspanten im Flugzeugrumpf aus endlosfaserverstärktem Thermoplast, inklusive Anbauteilen, in einem Produktionsschritt. Neben der Premium AEROTEC GmbH und dem acs setzt sich das Projektkonsortium aus dem Institut für Verbundwerkstoffe GmbH sowie den Instituten IGCV und IFAM der Fraunhofer-Gesellschaft zusammen. Das Projekt wurde durch das BMWi gefördert.

Die Entwicklungsarbeiten von acs beinhalteten die Konstruktion und Auslegung sowie das Testen notwendiger Artikel und die Herstellung der thermoplastischen Integralspante. Der Fokus der Tätigkeit des acs lag dabei bei der Prozessauslegung und Demonstratorherstellung in den Bereichen Umformtechnik und Kunststofftechnik. Im kleinen Maßstab (Länge: 1,50 m) konnten im acs zunächst Bauteile inkl. angespritzter Anbauteile erfolgreich hergestellt werden.

Die beiden Teilprozesse „Spritzguss mit PEEK-CFK“ und „Formgebung der PEEK-CFK-Tape-Halbzeuge“ wurden zunächst im Labor-Maßstab im Technikum des acs umgesetzt. Darauf aufbauend wurden kleine Demonstratoren hergestellt. So wurden Herausforderungen der Materialien Schritt für Schritt erkannt und abgebaut. Für den Spritzgussprozess wurden dabei unterschiedliche Granulate und Prozessparameter untersucht, um sogenannte Stabilos zu fertigen. Es wurden Prozesstemperaturen von bis zu 420 °C eingesetzt.

Zu Herstellung eines komplexeren Spants mit integrierten Stabilos wurde ein Werkzeugkonzept entwickelt, aufgebaut und im acs-Technikum eingesetzt. Dabei wurde in nacheinander geschalteten Schritten der Spant im Werkzeug umgesetzt und jeweils ein Stabilo stoffschlüssig angespritzt.

In Erweiterung der Möglichkeiten und Herausforderungen der Einstellparameter des Pressenhubes war es erforderlich, das Handlingsystem zur Platzierung der Tapes oberhalb des Werkzeugs intensiv zu bearbeiten. Hierbei waren insbesondere die Anforderungen auf einen reproduzierbaren und robusten Prozess gelegt. Material und Bauteildesign machten es jedoch gleichzeitig erforderlich, dass eine ausreichende Flexibilität des Handlings vorgesehen wurde. Neben typischen Schwankungen im Herstellungsprozess des Materials



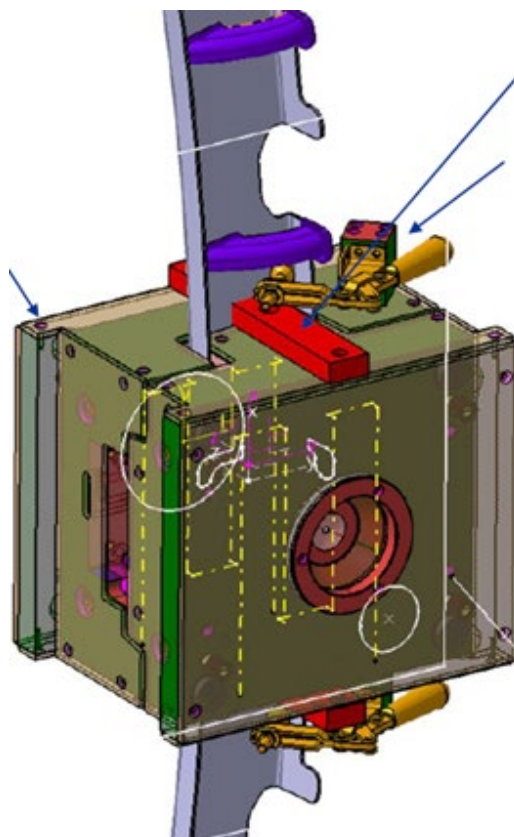
waren im Bauteil zuletzt Dickensprünge konstruiert worden, damit effizienter und lastgerechter Leichtbau umgesetzt werden konnte. Die Genauigkeit der Materialablage im Werkzeug und damit sehr gute Bauteilerggebnisse wurden schließlich im Projekt erreicht.

In der finalen Ausbaustufe konnten so auf der 1.000t-Servopresse Bauteile bis zu einer Länge von 3,2 m gefertigt werden. Nachgeschaltet ist eine mechanische Bearbeitung der Kanten, um das Bauteil für den Einbau und Anbindung der Außenhaut fertigzustellen. Die verschiedenen Teilprozesse und Prozessparameter sind stark voneinander abhängig. Nur eine aufeinander abgestimmte Vorgehensweise machte es möglich, technisch einwandfreie Prototypen herzustellen. Die Qualität der Bauteile wurde mittels unterschiedlicher Werkzeuge bewertet. Im acs wurden fertigungsbegleitend optische Vermessungen und Analysen des Bauteils durchgeführt. Auf diese Weise konnten der Einfluss und die Sensitivität einzelner Prozessparameter (bspw. Verweilzeit, Schließkraft, Werkzeugtemperatur) ermittelt werden.

Der Erfolg der Entwicklung lässt sich daran ablesen, dass die bearbeiteten Materialien und Prozesse für weitere Bauteile der Flugzeugarchitektur herangezogen werden. Interne, bilaterale aber auch weitere Aufgabenstellungen in geförderten Forschungsvorhaben werden aufbauend auf dem Projekt OSFIT-Frame aktuell bereits bearbeitet und weiter angegangen.

acs

Das acs ist konzipiert als interdisziplinärer und innovativer Partner mit Fokus auf der Weiterentwicklung von Leichtbaustrukturen mit Hilfe von innovativen Werkstoffkombinationen und Fertigungsverfahren. Das Allein-



stellungsmerkmal des acs besteht in der technologieübergreifenden Lösungsfindung und deren praxistauglicher, seriennaher Umsetzung und Validierung.

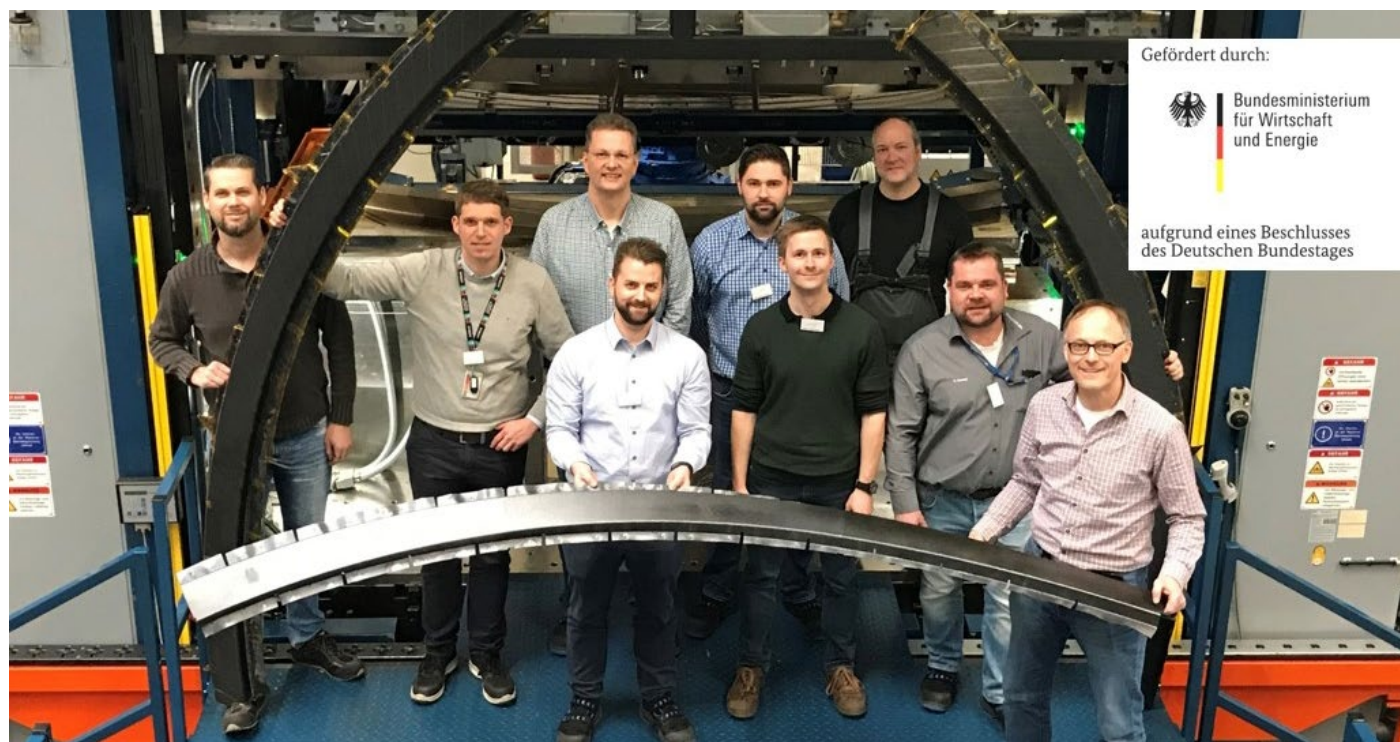
Ihr Kontakt

Dr.-Ing. Stefan Kurtenbach

Leiter F&E

s.kurtenbach@acs-innovations.de

www.acs-innovations.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

F+W – Langjähriger Aerospace-Partner entwickelt innovativen Getriebemotor



FAP A320 - Prozesssicher gefertigtes Leichtbaugehäuse

Seit mehr als drei Jahrzehnten ist das Familienunternehmen Forte+Wegmann (F+W) mit den Entwicklungsabteilungen der Flugzeug- und Raumfahrtsparte im Geschäft. Hauptprodukte sind kundenspezifische Gehäuse in Anlehnung an ARINC 404 oder ARINC 600 für Kabinen, die in der zivilen Airbusflotte eingesetzt werden. Nun kommt ein völlig neues Produktkonzept auf den Markt.

Geschäftsführer Klaus Hirte beschreibt die DNA des Unternehmens: „Wir denken mit unseren Kunden – und manchmal antizipieren wir deren Anforderungen. Dadurch sind wir ein geschätzter Partner unserer Kunden.“ Die enge Verzahnung mit der hochanspruchsvollen Aerospace-Branche schärft das Bewusstsein der gesamten Belegschaft in Bezug auf Zuverlässigkeit, Präzision, Leistungsfähigkeit und Innovation. Diesen Firmenspirit lebt auch Unternehmensnachfolger Alexander Hirte, der seit 2012 das operative Geschäft leitet und strategisch diversifiziert.

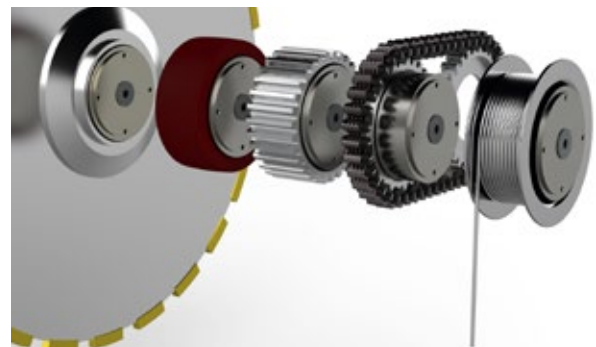
Ein Beispiel für die Innovations- und Realisationskraft: Präzises Handling im Drei-Schicht-Betrieb erforderte schon bald den Einsatz von Robotern. Daraus entstand die Sparte Robotix mit dem Schwerpunkt auf industrielle 6- und 7-achsige Roboterarme. Die Roboter werden bei F+W für Anwendungsentwicklung eingesetzt. Die Projektvision: Ein intelligentes Bestückungssystem, das auf Grundlage der zu erkennenden Bauteile und deren Klassifizierung autonom die notwendigen Folgeprozesse erkennt und durchführt, um das fertige Produkt zu montieren.

Die neue Sparte ist Teil der expliziten Diversifikationsstrategie, die das bestehende Leistungsangebot auf andere Branchen und in Richtung Industrie 4.0 ausweitet. Ein Baustein dieses Konzepts ist F+W Maker, ein

umfassendes, partnerschaftliches Umsetzungsangebot für Entwicklungsbüros. Folgerichtig umfasst die jährliche Auditierung nach DIN ISO 9100:2018 seit 2021 erfolgreich auch die Abläufe in der Konstruktion und Entwicklung.

Bereit für neue Produkte – inklusive Prototyping, Vertrieb und Produktion

Völlig neu gedacht ist der zum Patent angemeldete „Konzentrische Getriebemotor“ (KGM). Wie wäre ein autonomes Fahrzeug mit einem klein dimensionierten, leichteren und gleichzeitig leistungsfähigeren Antrieb? Möglicherweise wendiger, robuster, multifunktionaler, kostengünstiger und innovativer. Mit diesem Antriebskonzept findet der selbstständige Entwickler Bernhard Brehm in F+W den idealen Partner auf Augenhöhe. Im interdisziplinär besetzten Team entsteht aus der Idee ein intelligentes System auf Grundlage einer vereinfachten Antrieb-Elektrifizierung mit 48 Volt.



Der Anwendung für KGM sind fast keine Grenzen gesetzt

„Besonderheit dieses Antriebs,“ sagt Bernhard Brehm, „sind die absolut freie Skalierbarkeit aller Dimensionen und einfache Integration in vielfältige Anwendungen.“ Je nach Zielsetzung der Anwendung liegen die Vorteile des KGM im besonders flexiblen und genauen Rangieren auf kleinstem Raum, geringem Bauraum, einfacher Montage oder hohem Wirkungsgrad.

Im Rahmen dieses Projekts übernimmt F+W die Entwicklung und die Erprobung, den Vertrieb und die Produktion. Die Betriebsausstattung wie auch die Kompetenz im Haus und bei den Partnern ermöglichen die effiziente und verlässliche Realisation dieses Vorhabens.

KGM – Plug & Drive-Antriebsräder

Erste Anwendung des KGM-Antriebs: Fahrerlose Transportsysteme (FTS) halten vermehrt Einzug in die Betriebe und reduzieren die Kosten in der internen Logistik. Der immer flexiblere wie präzisere Einsatz der Automatisierung erfordert neue Konzepte und Bauweisen von FTS. Das Ergebnis ist ein wartungsfreies, hoch belastbares Rad, das durch die Steuerung präzise und variabel angetrieben wird. In Kombination mit einem zweiten integrierten Antrieb als Lenkeinheit werden seitliches Einparken und Richtungswechsel ohne Kurvenfahrten möglich. Das System ist für alle geeigneten Motion Controller offen; ein eigener Controller ist optional verfügbar. Die im Fahrzeug integrierte Batterie liefert die erforderliche Antriebsenergie.

Noch sind die Räder in der Erprobungsphase, die Markteinführung ist für Anfang 2023 geplant. „Wir sind zuversichtlich, dass das Konzept des KGM den Bedarf bei den Anbietern von FTS trifft,“ sagt Alexander Hirte, Geschäftsführer von F+W, „denn die Gebrauchs-

eigenschaften im Alltag wie auch die Wirtschaftlichkeit sind enorm.“ Erste Gespräche mit potenziellen Kunden bestätigen das Interesse.

KGM sind vorteilhaft für viele Anwendungen

„Wir haben zunächst die Anwendung bei FTS in der Logistik gesehen,“ berichtet Vinzenz Ristl, technischer Verkaufsberater von F+W, „aber das mögliche Spektrum reicht von Robotic Joint Module über angetriebene Werkzeuge und Lifts bis hin zu Antrieben mit Zahnrädern oder Zahnketten. Fragen Sie uns!“

Forte + Wegmann (F+W)

Im Fokus des 1952 gegründeten Unternehmens stehen umfangreiche Leistungen im Bereich der Metallverarbeitung. F+W tritt als Full-Service-Dienstleister auf und bietet seinen Kunden neben der kompetenten Unterstützung bei der Entwicklung von Produkten diverse Zerspanungs- und Fräsarbeiten sowie die Montage von Einzelkomponenten zum fertigen Mechanikprodukt inklusive Oberflächenveredlung und Beschriftung. Die Fertigung erfolgt mit dem hochmodernen Maschinenpark und 20 Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen in Deutschland am Standort Hemer.

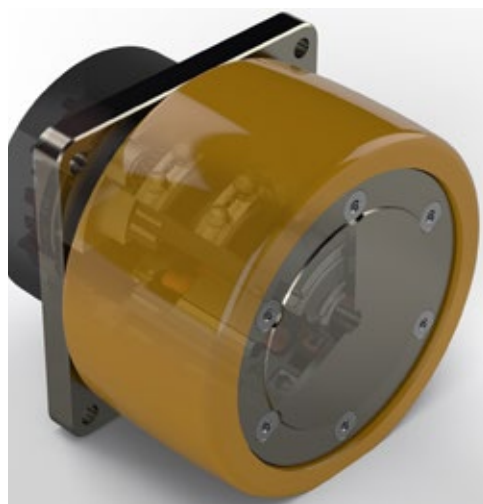
Ihr Kontakt

Klaus Hirte

Geschäftsführer

info@forte-wegmann.de

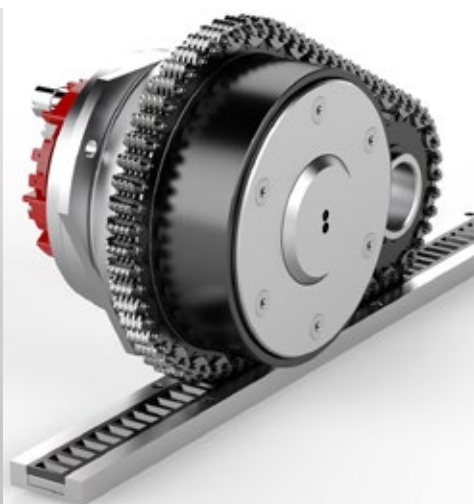
www.forte-wegmann.de



Kompakter Antrieb für fahrerlose Transportsysteme



Anwendung als Balancer



Linearantrieb mit spielfreier Kette

Platz- und Gewichtsersparnis hinter der Kabinenverkleidung. Wie neuartige, elektrische Mischwasser-Armaturen den Verbrauch von Kerosin und CO₂ in der Luftfahrt optimieren

Der weltweit für seine Spezialventile bekannte Hersteller Hebmüller aerospace aus Kaarst entwickelt mit dem in Heiligenhaus ansässigen Unternehmen Kunststoffverarbeitung Hoffmann ein ultraflach bauendes, elektrisches Proportionalventil für Sanitärtechnik in der mobilen Luftfahrt.

Dem steigenden Bedarf an immer kompakteren Baumustern in der Luftfahrtindustrie ist Tribut zu zollen. Kabinen müssen in der Zukunft nicht nur mit einer effizienten Sitzanordnung punkten, sondern auch den sonstigen Nutzräumen geht es bei Baumaß und Gewicht an den Kragen. Jeder Kubikzentimeter, jedes Gramm zählt. Hochfunktionale Ausstattungen für das temperierte Mischwasser auch in den „Galley“ und „Lavatories“ sind gefragt. Hier setzt ein Kooperationsprojekt von den beiden weltweit aktiven und für ihre Innovationskraft bekannten, deutschen Familienunternehmen aus NRW an.

Herausforderung und Ziel

- Ersparnis von Kerosin und CO₂
- Strecke Langstreckenflugzeug: 4.000.000 km/Jahr
- Reduktion Gewicht um 1 kg = Reduktion von 153,3 l/Jahr Kerosin. 1,25 l Kerosin erzeugen 3,15 kg CO₂ = 386 kg CO₂ / Jahr

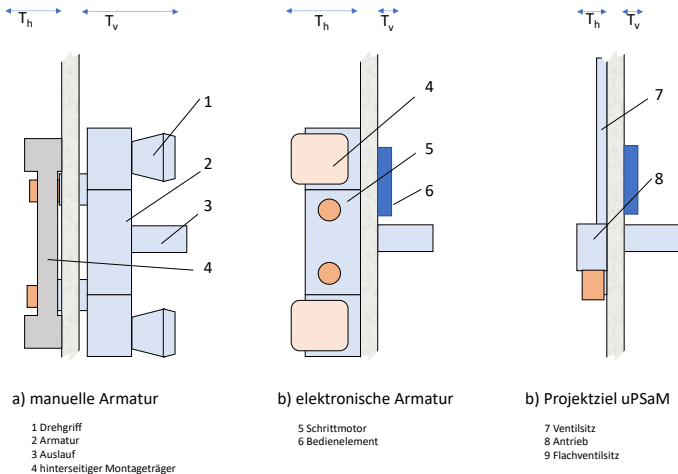
Das, was derzeit in der Wasserversorgung wie selbstverständlich durch mehrere Einzelkomponenten erfolgt, soll durch ein einziges, ultraflach bauendes System ersetzt werden. Wie kann man die engen Flächen hinter der Kabinenwand so gestalten, dass bei vollem Funktionserhalt nur noch eine Komponente das Wasser in der richtigen Temperatur zum Hahn führt?

Das Konzept der elektrischen Mischwasser-Armatur war geboren. Die Entwicklerteams erarbeiten in dem Projekt Wege, um die oft handelsüblichen Bauteile mit Rückschlagventil und Überbrühschutz zu ersetzen. Der Weg ans Ziel führt über neue Materialien unter smarter Konstruktion zur maximalen Reduktion von Baugröße und Gewicht.

Aufgrund ihrer derzeitigen Bauform wird die üblicherweise bei 60 - 90mm liegende Bautiefe von Armaturen maßgeblich über den Durchmesser der Elektromagnete und Elektromotoren definiert. Eine Reduktion dieser Bautiefe um mindestens 50 % zum Stand der Technik, im Antriebsbereich der Armatur um bis zu 80 % ist das Ziel des ZIM-Forschungsprojektes.

Die Sicherstellung der Fail-Safe Schließfunktion bei Stromausfall ohne den Einsatz zusätzlicher Magnetventile ist ein wichtiges Kriterium. Auch der Wegfall eines magnetischen Feldes trotz elektrischer Armatur wirkt sich positiv aus.

Durch den Aufbau einer elektronischen Leichtbauarmatur durch die Verwendung von innovativen Antrieben und Hochleistungskunststoffen lassen sich Optimierungen erzielen.



a) manuelle Armatur

- 1 Drehgriff
- 2 Armatur
- 3 Auslauf
- 4 hintersseitiger Montageträger

b) elektronische Armatur

- 5 Schrittmotor
- 6 Bedienelement

b) Projektziel uPSaM

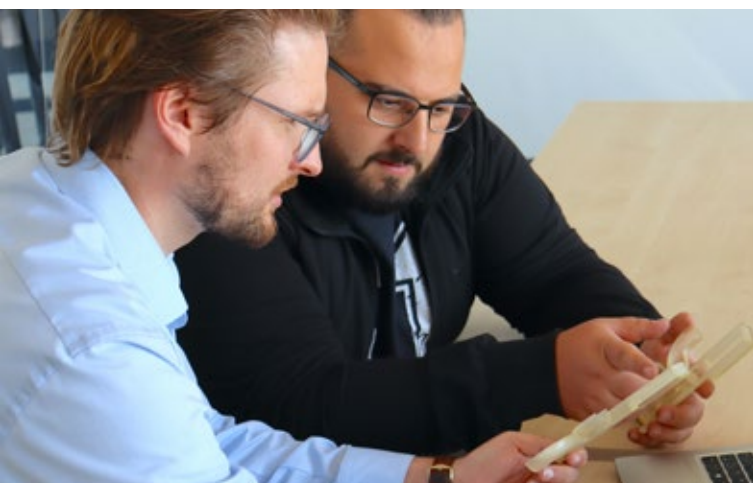
- 7 Ventilsitz
- 8 Antrieb
- 9 Flachventilsitz

ZIM Grafik Projekt Größen / Gewichtsreduktion Ventile für die Luftfahrt, (c) Hebmüller aerospace | Kunststoffverarbeitung Hoffmann

Kunststoffe verdrängen in der Luftfahrttechnik durch ihre positiven Eigenschaften immer weiter die bestehenden Materialien wie Aluminium und andere Metalle. Sie ermöglichen im Vergleich zu Metallen eine Gewichtsersparnis von bis zu 70 %. Günstigere Werkstoffe, optimierte und automatisierte Fertigungsprozesse können auch die Kosten reduzieren. Darüber hinaus sind Polymere korrosionsbeständig, was zur verbesserten Lebensdauer der Bauteile führt.

Schließlich ist der ökologische Aspekt nicht außer Acht zu lassen. Beispielsweise können im Vergleich zu dem Werkstoff Aluminium durch Einsatz von Kunststoffen bis zu 80 % von CO₂ Äquivalente eingespart werden.

Der Anfang zur nachhaltigen Schonung der Umwelt-Ressourcen ist gemacht, wenn hier zwei engagierte AeroSpace.NRW Mitglieder bei der Zukunftssicherung der Luftfahrt durch Platz- und Gewichtsersparnis hinter der Kabinenverkleidung ihren Beitrag leisten. ■



ZIM-Projekt-Besprechung: Alexander Dürkopp, Head of R&D Hebmüller aerospace und Emre Küçük, Entw.-Ing. Kunststoffverarbeitung Hoffmann

Vorteile von Polymeren versus Metalle in der Flugzeugindustrie

- Gewichtsvorteile bis zu 70 %
- Korrosionsbeständigkeit
- Kosteneffizienz
- Reduktion von bis zu 80 % CO₂ Äquivalent

Hebmüller Aerospace

Das in Kaarst ansässige Familienunternehmen entwickelt, produziert und vertreibt Frisch- und Grauwasserventile für die Luftfahrtindustrie. Das Team geht neue Wege in der Erforschung innovativer Ventilgenerationen. Erfahrungen sammelt Hebmüller Aerospace bei führenden Ausrüstern im After-Market der Flugzeugwartung. Die Qualität Made in Germany begründet den Unternehmens-Claim: TRUST IN MORE

www.hebmueller.group

Kunststoffverarbeitung Hoffmann GmbH

Der in Heiligenhaus ansässige Spezialist stellt Polymer-Komponenten, vermehrt aus Hochleistungs-Kunststoffen wie PEEK oder PPS, im Spritzgußverfahren her. Die kunststoffgerechte Produktgestaltung sowie die mechatronische Systemkonzeption wird seit 2019 durch die Herstellung von Entriegelungsaktoren ergänzt.

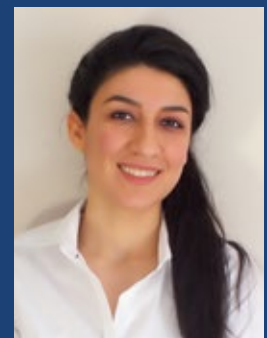
www.hoffmann-kunststoffe.de

Ihr Kontakt

Farangis Rezaei

Project Manager Aerospace,
Kunststoffverarbeitung
Hoffmann

f.rezaei@hoffmann-kunststoffe.de



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

AeroSense: Hochfrequenzsensorik für die Zustandsüberwachung von Flugzeugkomponenten

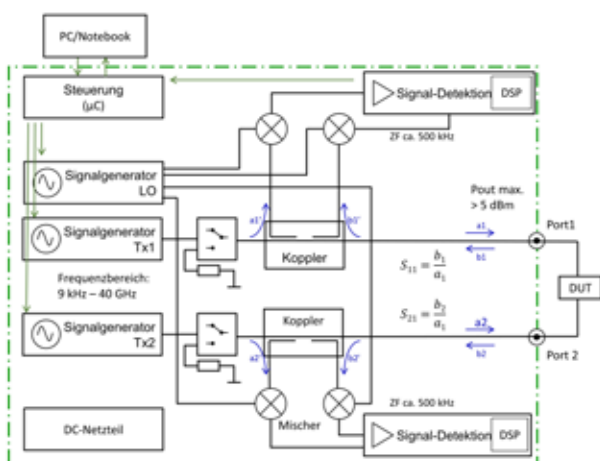
Im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms "LuFo" wird ein Verfahren zum Structural Health Monitoring (SHM) untersucht und entwickelt. Auf der Grundlage von geführten, elektromagnetischen Wellen werden sicherheitskritische Strukturen und Bauteile von Flugzeugen zerstörungsfrei untersucht. Dies fördert die Ausfallsicherheit und Wartungsprozesse mittels automatisch durchgeführter Messungen und Datenanalyse und sichert die Strukturintegrität der Flugzeugteile. Neben der Software wird angelehnt an einen VNA eine Sensorhardware entwickelt.

Neben der Aerodynamik wird in der Luftfahrt auch konsequent auf Leichtbauweise gesetzt, um einen ressourcenschonenden Flugbetrieb zu gewährleisten. Das bedeutet aber, dass für die eingesetzten Materialien strenge Anforderungen für Festigkeit und Langlebigkeit bestehen. Für die sichere und passagierfreundliche Luftfahrt sind Structural Health Monitoring (SHM) Systeme mit permanent installierter Sensorik von großer Bedeutung, die während des Betriebs den Strukturzustand bewerten und Informationen zur Flugtauglichkeit bereitstellen. Eine rechnergestützte automatisierte Analyse großer Datenmengen mit Hilfe von KI-Verfahren führt zu bedarfsorientierter Wartung, minimalen Ausfallzeiten und damit zur erhöhten Verfügbarkeit von Flugsystemen. Momentan werden zu diesem Zweck akustische und modale Verfahren (z.B. Ultraschall) eingesetzt. In dem hier neu zu entwickelnden Verfahren wird die Untersuchung mit Hilfe von

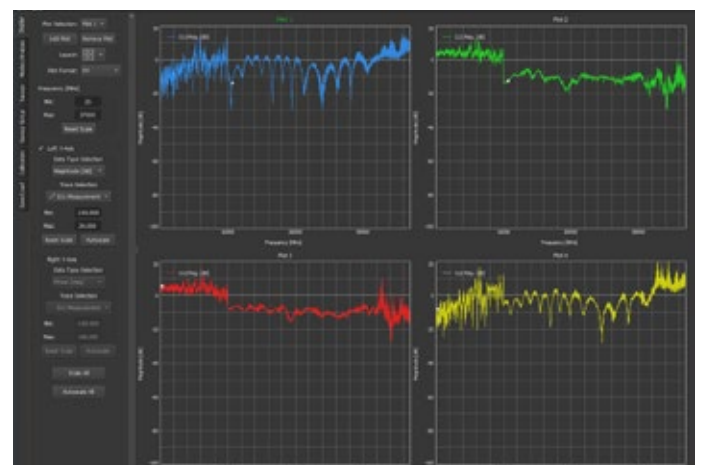
elektromagnetischen Wellen im Gigahertz-Bereich durchgeführt. Die Sensoren können auf die zu untersuchenden Strukturen geklebt werden und koppeln Signale in die Struktur ein. Die Streuparameter der Signale werden mit Hilfe eines VNA (Vektor Signal Analysator) gemessen. Strukturelle Veränderungen in der Flugzeughülle können anhand von Veränderungen in den Streuparametern erkannt werden.

Projektrahmen

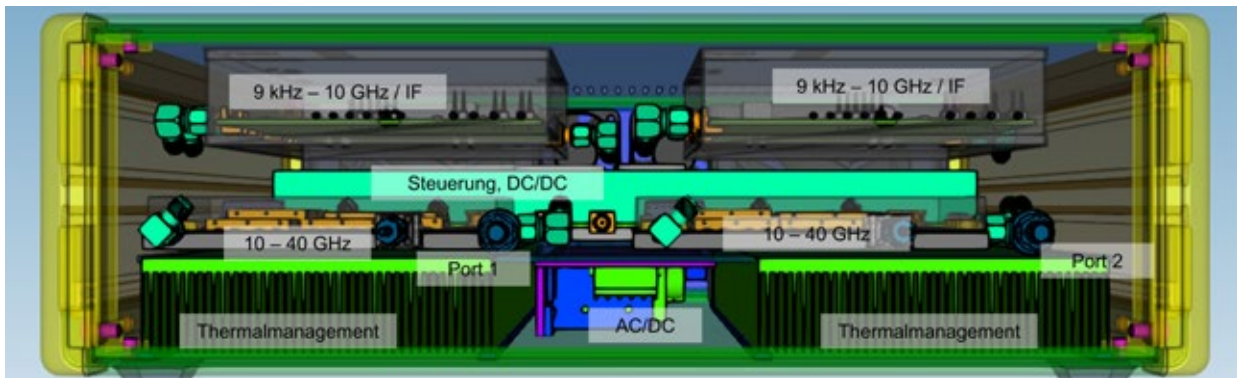
Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert (FKZ: 20Q1911B) und vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR, Bonn) betreut. Neben der IMST GmbH (Kamp-Lintfort) sind die Goethe-Universität Frankfurt und die Firma Airborne Composite (Erfurt) beteiligt. Der Schwerpunkt der Goethe-Universität liegt in der Antennenentwicklung, Auswertung der S-Parameter und der Erkennung von



Blockschaltbild des VNA



GUI - Graphical User Interface



3D-Ansicht vom Aufbau

Fehlstellen. Airborne Composite wird seine Expertise im Bereich der Komponenten für die Luftfahrt einbringen. IMST wird sich in diesem Projekt um die Entwicklung der VNA-Hardware und dessen Programmierung kümmern.

Sensorentwicklung

Für die Auswertung der Signale wird IMST einen VNA von 9 kHz bis 40 GHz entwickeln. Dabei wird auf möglichst geringes Gewicht und die Verwendung von kostengünstigen Standardkomponenten geachtet. Der VNA wird in einem modularen Aufbau designt. Das ermöglicht später eine bessere Integration in einen verwinkelten Einbauort (z.B. Flugzeug). Ob der angestrebte Frequenzbereich für den Sensor in der vollen Breite benötigt wird, ist noch Teil der Untersuchungen und Messkampagnen, die im Projekt durchgeführt werden. Bild 1 zeigt den Aufbau des VNA. Der Frequenzbereich wird in Sub-Bänder unterteilt, da für Koppler, Mischer und Synthesizer keine Komponenten erhältlich sind, die das gesamte Frequenzspektrum abdecken. Sollten einige dieser Subbänder für den Sensor nicht benötigt werden, können sie bei einer späteren Verwertung eingespart werden. Dadurch werden Größe, Gewicht und Kosten des Sensors reduziert. Um eine möglichst hohe Modularität zu erreichen, wird allerdings jedes Messtor seinen eigenen Synthesizer erhalten. Im VNA werden Mikrocontroller die Steuerung und Erfassung der Rohdaten übernehmen. Die Daten werden über eine Ethernet-, USB- oder Funkschnittstelle an ein Terminal übergeben. Im ersten Schritt wird dieses Terminal ein PC/Notebook sein, auf dem eine GUI (Graphical User Interface, Bild 2) die Schnittstelle zum Benutzer bildet. Dieses Interface wird volle VNA-Funktionalität haben und die Streuparameter anzeigen und weiterverarbeiten. Dazu gehören auch unterschiedliche Anzeigemodi, Memory- und mathematische Funktionen. Neben dem Frequenz-Sweep ist auch ein Leistungs-Sweep über 50 dB möglich. Für den Betrieb als Sensor kann die KI-Einheit direkt auf die gemessenen Daten zugreifen, sie verarbeiten und auswerten.

Ausblick

Die Hardware befindet sich in der Entwicklungsphase und soll im Q2/2024 abgeschlossen sein. Allerdings wird jetzt schon auf eine spätere Verwertung geachtet. Eine Verwertung als Standard-VNA ist denkbar. Dazu konnte bereits eine Abschätzung für ein Gehäuse (Bild 3) vorgenommen werden. Eine erste Abschätzung zeigt, dass die max. Abmessung für die Gehäusefront 32 cm x 10 cm bei einer Tiefe von 35 cm beträgt. Im Inneren werden die Elemente auf 3 Ebenen verteilt. Bei der Aufteilung in dem Gehäuse konnte bereits ein Kühlkonzept in die unterste Ebene integriert werden. Zwischen den Kühlkanälen ist noch Platz für das 220 V Netzteil. Die mittlere Ebene ist thermisch optimal an die Kühlkanäle angebunden. Hier befinden sich die Teile mit dem größten Leistungsverbrauch.

IMST GmbH

Die IMST GmbH ist ein Entwicklungszentrum für kundenspezifische Funktechnik- und Mikroelektronik-Systeme. Über 130 hochqualifizierte Ingenieure entwickeln in Kamp-Lintfort integrierte Schaltungen, hybride Module und Systeme, Funkmodule, Antennen, Mikrocontroller-Schaltungen, eingebettete Systeme oder 3D-EM-Simulationssoftware. Wir begleiten unsere Kunden von der ersten Produktidee bis zum fertigen System. Um das umfangreiche Know-How in den verschiedenen Funktechnologien immer auf dem neusten Stand zu halten, beteiligt sich die IMST GmbH erfolgreich in einer Vielzahl von öffentlichen Förderprojekten (National, EU, ESA). ■

Ihr Kontakt

Matthias Schneider

Business Development

matthias.schneider@imst.de

www.imst.de



Motoren mit Startergenerator in der zivilen Luftfahrt

Startergeneratoren im Automobilbereich sind seit vielen Jahren Stand der Technik. Anders ist dies im Bereich der zivilen Luftfahrt. Um diese Vorteile zu nutzen, wurde eine Partnerschaft mit dem amerikanischen Unternehmen ePropelled geschlossen.

Die Vorteile eines Startergenerators stechen klar hervor:

- **POWER-ASSISTENT**
Zusätzliche Leistung zur Unterstützung des Verbrennungsmotors. Das Triebwerk kann dann eher für einen stationären Flug als ausschließlich für Spitzenleistungsanforderungen dimensioniert werden.
- **ERWEITERTE REICHWEITE**
Eine Option für ein Hybridsystem ist verfügbar. Batterieleistung zur Verlängerung der Flugzeit oder Landung des Flugzeugs im Falle eines Treibstoffnotfalls.
- **REDUZIERTER LÄRM**
Die Antriebsleistung kann vorübergehend nur elektrisch erfolgen, um die Geräuschemission des Flugobjekts zu minimieren.
- **GEWICHTSREDUZIERUNG**
Zwei Komponenten werden zu einer kombiniert, wodurch das Gesamtgewicht des Flugzeugs reduziert und eine Platzeinsparung gewonnen wird.

Als Startergenerator wurde der SG3000 aufgrund seiner Leistung, seines Gewichts, seines Designs und seiner aktiven Kühlung ausgewählt. Ziel des aktuellen Projektes ist die Anpassung des SG3000 an den Limbach L550EF. Diese Kombination macht das System zum idealen Antriebssystem für eine Vielzahl von UAVs (Unmanned Aerial Vehicle).

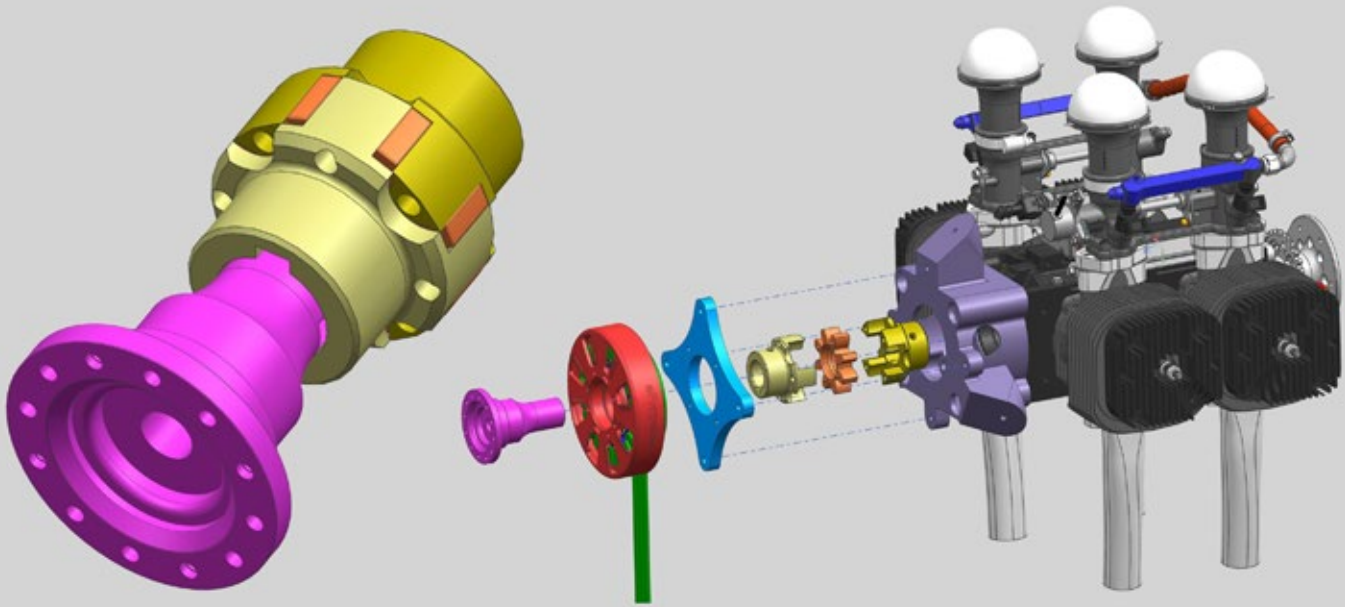
Design

Um den SG3000 mit dem L550EF zu betreiben, sind zunächst einige Konstruktionsarbeiten durchzuführen. Dies beinhaltet zum einen die Adaption des Läufers (Rotor) vom Startergenerator an den Kurbelwellenzapfen des Verbrennungsmotors, um die Rotationsbewegung beider Bauteile zu koppeln. Ebenso muss das Gehäuse des Startergenerators (Stator) am Motor adaptiert werden.

Ersteres wird mit Hilfe einer Adapterwelle in Kombination mit einem rotatorischen Schwingungsdämpfer realisiert, welche die schon vorhandene Passfeder-Verbindung der Motorkurbelwelle nutzen. Um das Gehäuse des Startergenerators drehsteif am Motor zu befestigen, wird eine Adapterplatte konstruiert, welche auf einen bereits in der Serie befindlichen Geräteträger am Motor befestigt wird. Das Gehäuse des Startergenerators kann so einfach an den Motor bzw. die Adapterplatte angeschraubt werden. Der große Vorteil dabei ist, dass der Startergenerator mit wenigen Schritten montiert und demontiert werden kann. Dank der Torsionsdämpfer mit Winkelgleich ist eine millimetergenaue Ausrichtung beider Achsen überflüssig. Ebenso kann problemlos ein Motorträger mit Schwingungsdämpfern installiert werden. Somit erhält der Kunde ein komplett aufeinander abgestimmtes Antriebssystem aus einer Hand.

Einsatzbereiche

Die Einsatzmöglichkeiten eines Verbrennungsmotors in Kombination mit einem Startergenerator sind fast grenzenlos. Für sämtliche Projekte oder Einsatzbedingungen, in denen ein hoher Bedarf an elektrischer Energie während des Fluges benötigt wird, bietet sich der Einsatz dieses Systems an. Vor allem im Bereich UAV steigen die Anforderungen an elektrische Systeme kontinuierlich. Neuartige Kamerasysteme wie z.B. LiDAR (Light imaging, detection and ranging) haben einen hohen Strombedarf, der gedeckt werden muss. Hinzu kommen diverse zusätzliche Verbraucher wie Sensoren, Motorelektronik und Servos. Ebenso sollte die Onboard-Batterie geladen werden, um jederzeit einen Restart des Verbrennungsmotors zu gewährleisten. Dies alles bietet das intelligente Power System (iPS) sowie das Electronic Engine Starter Modul (EES), welche in Kombination mit dem Startergenerator verbaut werden. Das iPS stellt eine komplette Rundumlösung zur Umwandlung, Über-



wachung und Übertragung aller relevanten Parameter durch Bereitstellung einer breiten Palette von Echtzeit-Leistungs- und Betriebsdaten dar. Alle Eingangs- und Ausgangsspannungen sowie Strompegel werden überwacht und über eine integrierte CAN-Schnittstelle gesendet (Controller Area Network).

Über eine zusätzliche API - Schnittstelle können ebenso anwenderspezifische Schwellenwerte programmiert werden, damit bei Über- oder Unterschreitung Alarme ausgegeben werden.

Das Starten des Verbrennungsmotors geschieht mit Hilfe des Startmoduls EES. Dies sorgt für zusätzliche Betriebssicherheit. In Kombination mit dem 50 PS starken L550EF ergibt sich so ein universell einsetzbares Antriebssystem mit größter Sicherheit und Zuverlässigkeit.

Limbach Flugmotoren GmbH

Limbach Flugmotoren ist ein aufstrebendes Unternehmen zur Entwicklung, Herstellung und Instandhaltung von Zweitakt- und Viertaktflugmotoren. Tausende von LIMBACH Flugmotoren stehen weltweit im Dienst und haben Millionen von Flugstunden absolviert. Dazu stehen in vielen Ländern LIMBACH Servicestationen zur Verfügung.

ePropelled Inc.

ePropelled wurde 2018 gegründet und ist führend bei Innovationen in der Magnettechnik, die die Effizienz von Elektromotoren und Generatoren für Antriebsanwen-

dungen in der Luft- und Raumfahrt, Elektrofahrzeugen und industriellen Anwendungen erheblich verbessern. Die Kombination aus Motordesign und Softwaresteuerung ergibt eine viel effizientere Methode des elektrischen Antriebs bei verschiedenen Drehmoment- und Geschwindigkeitsstufen. Ursprünglich als Electronica gegründet, hat das Unternehmen bereits mehrere Förderpreise der walisischen Regierung, des Technology Strategy Board und des Carbon Trust für innovative Designs erhalten. ■

Ihr Kontakt

Sven Simmerkuss

R&D Engineer

sven.simmerkuss@limflug.de

www.limflug.de



Victoria Grewal

Director of Marketing & Communications

victoria@epropelled.com

www.epropelled.com



PU-Formteile aus Aachen fliegen ins All

Einzigartige Modularität, Flexibilität und Wettbewerbsfähigkeit bescheinigt die ArianeGroup ihrer „Europa-Rakete“. Zur Zuverlässigkeit und Sicherheit der Ariane 6 tragen technologische Spitzenleistungen zahlreicher mittelständischer Zulieferer bei. Einige kommen aus NRW, darunter die Firma W. KÖPP aus Aachen. Mit kleinen Details leistet sie einen großen Beitrag.

In der Luft- und Raumfahrttechnik ist Qualität gleichzusetzen mit Sicherheit und Zuverlässigkeit. Jedes einzelne Bauteil, jedes noch so kleine Detail muss höchsten Ansprüchen genügen. KÖPP, traditionsreicher Hersteller, Händler und Verarbeiter von zelligen und porösen Werkstoffen wie Zellkautschuk, Polyethylen-schaum, Moosgummi und FIP(F)G-Dichtungen, kennt die hohen Anforderungen der Branche. Seit vielen Jahrzehnten liefert das Familienunternehmen mit Hauptsitz in Aachen bereits Materialien in die Luft- und Raumfahrtindustrie. Typische Anwendungsgebiete für Produkte von KÖPP in dieser Industrie sind z.B. Leitungsisolierungen und Kabeldurchführungen, alle Arten von Dichtungen im Bereich von Kabine, Küche oder Triebwerk sowie Dämmungen und Fußbodendichtungsprofile. Je nach Anforderungsprofil werden sie aus Zellkautschuk, Zellpolyethylen, Moosgummi oder auch anderen Materialien hergestellt. Immer sind sie exakt auf den individuellen Einsatzzweck zugeschnitten.

Ganz spezielle PU-Bauteile, die bei KÖPP für die Ariane 6 hergestellt werden, kommen in den Triebwerken zum Einsatz. Sie dienen der Isolierung der Steuerventile des Vulcain-2.1-Triebwerks oder des wiederentzündbaren Vinci®-Triebwerks und müssen daher sowohl extrem

heiß als auch extrem kalten Temperaturen standhalten und zuverlässig gegen mechanische Einflüsse schützen.

Für das KÖPP-Entwicklungsteam stellten die Isolations-elemente eine besondere Herausforderung dar – sowohl hinsichtlich der Werkstoffeigenschaften als auch mit Blick auf das Herstellungsverfahren. Fangen wir beim Material an. Hergestellt werden die Bauteile aus einem zunächst flüssigen Polyurethan, dem in speziellen Mischvorrichtungen verschiedene Zusatzstoffe, u.a. Glasfasern, sowie diverse Additive zugesetzt werden. Die Zugabe von Isocyanat als Treibmittel lässt einen Schaum entstehen, der im nächsten Schritt in Formen gegossen wird. Gerade die Notwendigkeit Isocyanat zu verwenden, macht den Herstellprozess anspruchsvoll, da dessen Verarbeitung Gesundheitsgefahren mit sich bringt. Um jedes Gesundheitsrisiko für die eigenen Mitarbeiter auszuschließen, hat KÖPP den für die Herstellung genutzten Raum mit einer leistungsstarken Absaugung sowie einer Klimatisierung ausgestattet. Beim Umgang mit Isocyanat tragen die Mitarbeiter außerdem geeignete Schutzausrüstung. Vom Produkt selbst geht für die Weiterverarbeiter übrigens kein Gesundheitsrisiko aus, denn durchreagiertes Isocyanat birgt keinerlei Gesundheitsrisiko.

Doch wie wird aus Polyurethan-Schaum nun ein Isolationselement? Zu Beginn galt es, die Anforderungen der ArianeGroup an den Werkstoff in einen geeigneten Schaum zu überführen. Die jahrzehntelange Erfahrung in der Entwicklung von Schaumsystemen kam den Entwicklern dabei natürlich zu Gute, sodass die perfekte Lösung gefunden und freigetestet wurde.

Im nächsten Schritt stand die Entwicklung der entsprechenden Werkzeuge bzw. der 3D-Formen aus Aluminium auf der To-do-Liste. Diese dienen als Formen, in die der flüssige PU-Schaum eingegossen und mittels Wärme anschließend ausgehärtet wird. Auch hier ist ein großes Know-how in der Herstellung von Werkzeugen erforderlich, z.B. um unabhängig von der Vergussart Luft einschüsse möglichst von vornherein auszuschließen. Bei dem zur Anwendung kommenden Fertigungsverfahren sind durch die Möglichkeit des Vakuumvergusses auch Strukturen mit komplizierten Hinterschnitten möglich. Um vollständige Blasenfreiheit und damit höchste Qualität zu garantieren, kann auch der gesamte Dosierprozess unter Vakuum stattfinden. Dabei wird das gesamte Vergussmaterial extrem hoch verdichtet. Nach dem Tempern, also dem Erwärmen, und Aushärten können die Isolationselemente entformt werden. Fertig sind sie damit jedoch noch nicht. Ihre endgültigen Materialeigenschaften erhalten sie erst mit der Oberflächenbehandlung und der manuellen Nachbearbeitung – höchstes Qualitätsniveau garantiert.

Keine Frage: Wenn die Ariane 6 zum ersten Mal abhebt, sind Bauteile von KÖPP mit an Bord. Dank seiner großen

Entwicklungs- und Fertigungskompetenz zählt das Aachener Traditionsunternehmen seit Jahren zum Kreis der Zulieferer der ArianeGroup und leistet mit kleinen Teilen einen großen Beitrag. Denn höchste Qualität über die gesamte Lieferkette hinweg ist für die Ariane Group, ein weltweit führendes Unternehmen auf dem Gebiet des Raumtransports, von zentraler Bedeutung. ■

Vorteile von PU-Formteilen

- Verarbeitung unterschiedlicher Materialien abhängig vom Anforderungsprofil
- Rezepturen frei einstellbar
- Beliebige Raumgewichte
- Vakuumverguss und großvolumiger Verguss bis 10.000 cm³ möglich
- Hochkomplexe Strukturen mit Hinterschnitten möglich
- Verschiedenste Eigenschaften in Oberflächenbeschaffenheit und Funktionalität möglich

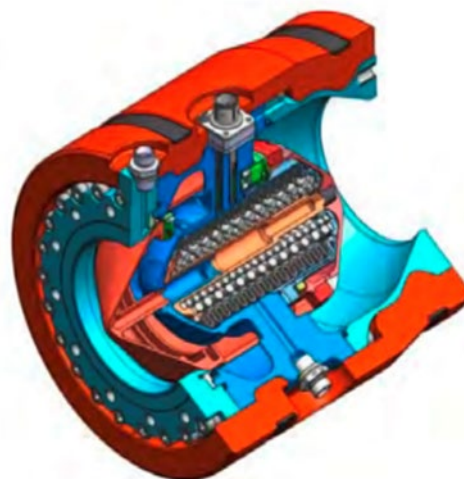
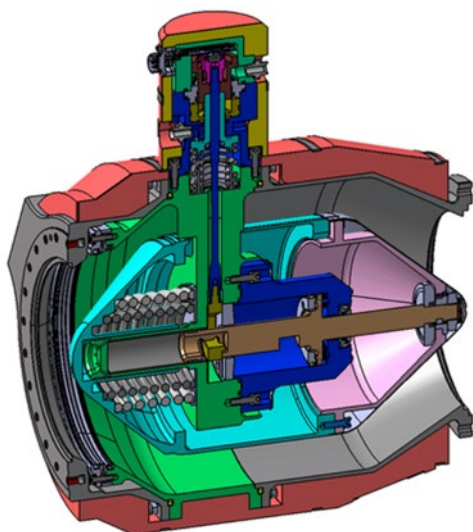
Ihr Kontakt

Axel Wynands

Head of Sales

a.wynands@koep.de

www.koep.de



Steuerventile des Vulcain.2.1-Triebwerks (links) sowie des Vinci®-Triebwerks – beide mit Isolationselement (rot) hergestellt von KÖPP (beide Abbildungen: ArianeGroup)

MASON: Betonexperimente auf der ISS geben Einblick in die Erhärtungsmechanismen unter Schwerelosigkeit

Eignet sich Beton als Baustoff auf dem Mond? Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, wurden Betonzylinderproben auf der ISS unter anderem mit einem Simulator für Mondstaub hergestellt.

Für die Errichtung von Infrastruktur und Habitaten auf dem Mond müssen geeignete Konstruktionsmaterialien identifiziert werden. Der Einsatz von Beton, dem weltweit am häufigsten verwendeten Werkstoff, ermöglicht die Nutzung der vorhandenen Mondgesteine. Da aber kaum Erkenntnisse bestehen über das Erstarrungsverhalten und die Eigenschaften von Betonen, die unter den im Weltraum herrschenden Bedingungen erhärten, haben sich die Wissenschaftler vom Institut für Massivbau der Universität Duisburg-Essen (IfM), vom Institut für Theoretische Physik der Universität zu Köln (UzK), von BIOTESC (Hochschule Luzern) und vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) – Institut für Materialphysik im Weltraum – zusammengeschlossen, um im Projekt MASON ("MATERIAL Science on Solidification of cONcrete") den Einfluss der Mikrogravitation auf die Erstarrung und die Eigenschaften von Beton zu untersuchen.

Diese Untersuchungen sind wichtig für das Bauen auf dem Mond, aber es lassen sich auch Rückschlüsse für ein nachhaltigeres Bauen auf der Erde ziehen: Die Erstarrung

von Beton unter Schwerelosigkeit findet ohne äußere Einflüsse wie dem Auftrieb von Luftblasen oder der Sedimentation von schwereren Bestandteilen statt. Es können also neue Erkenntnisse über die chemischen Verfestigungsprozesse (Hydratation) gewonnen werden, die für eine Reduzierung des Zementanteils im Beton genutzt werden könnten.

Der deutsche ESA-Astronaut Matthias Maurer hat im Februar 2022 auf der ISS insgesamt 64 Betonproben hergestellt. Der eigens dafür entwickelte Betonmischer "MASON Concrete Mixer" erfüllt die Anforderungen einer möglichst einfachen Experimentdurchführung sowie der Sicherheit an Bord der ISS. Dieser Betonmischer ermöglichte erstmals die Herstellung von Betonproben mit einer zylindrischen Form in Mikrogravitation. Die 50 mm x 30 mm großen Betonproben können optimal mit zeitgleich auf der Erde unter Erdgravitation hergestellten Referenzproben verglichen werden. Mit dem Einsatz eines Klinostaten bzw. einer Random Positioning Machine wird zudem untersucht, ob diese üblicherweise in den



Betonexperimente auf der ISS wurden vom Deutschen ESA-Astronauten Matthias Maurer durchgeführt (Fotos: DLR / ESA)



Slice CT-Scan (oben links), Querschnitt Regolith-Beton (unten links), MASON Logo (Mitte links), MASON Concrete Mixer Kit (Mitte), REM Aufnahme Zementpartikel (oben rechts), CT-Scan eines Zylinders (unten rechts)

Lebenswissenschaften eingesetzten Instrumente die Auswirkungen der Mikrogravitation auf die Beton-eigenschaften simulieren können.

Neben der Luftporenverteilung und den mechanischen Eigenschaften wird insbesondere die Mikrostruktur der Betonproben untersucht. Als Untersuchungsmethoden werden u.a. Ultraschall, Computertomographie, Mikroskopie, Druckfestigkeitstests und Quecksilberdruck angewandt. Die ISS-Betonproben wurden mit SpaceX-25 zurück auf die Erde gebracht und mit den Untersuchungen wird in Kürze begonnen. Erste Ergebnisse werden für Anfang 2023 erwartet.

Insgesamt 18 verschiedene Zusammensetzungen der ISS-Betonproben beinhalten auch das Regolith-Simulat EAC-1A als Zuschlagsstoff. Solche Simulate sind dem Mondstaub nachempfunden bzgl. chemischer Zusammensetzung sowie Gesteinsstruktur und -körnung. Die Analysen in MASON werden zeigen, inwieweit sich der Mondstaub für die Herstellung von Beton eignet.

Weitere Untersuchungen werden darauf abzielen, das Bauen auf dem Mond, wie z.B. den Bau einer Landeplattform, mit möglichst reduziertem Materialeinsatz zu realisieren, da der Transport von Bindemitteln, Wasser und

anderen Zuschlägen mit Raumfahrzeugen hohe Kosten verursacht. Dazu wird versucht in der näheren Zukunft zuerst kleinere Betonmengen auf dem Mond anzumischen, und diese dann zu optimieren. Damit ist das Projekt MASON wegweisend für die Erde, die ISS und den Mond. ■

Ihr Kontakt

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martina Schnellenbach-Held

Institutsleitung, Institut für Massivbau, Universität Duisburg-Essen

massivbau@uni-due.de

www.uni-due.de/massivbau/



Prof. Dr. Matthias Sperl

Leitung Granulare Materie, Institut für Materialphysik im Weltraum, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Universität zu Köln

matthias.sperl@dlr.de

www.dlr.de/mp





Teams des Spaceport America Cup 2022 - Nächstes Jahr wird mit dem Space Team Aachen erstmalig ein deutsches Team dabei sein. ©Herox.com - Spaceport America Cup

Projekt Aquila – In Richtung bisher unerreichter Höhen und Geschwindigkeiten

Mit der neusten Wettbewerbsrakete wird das Team Aquila des Space Team Aachen e.V. als erstes deutsches Team beim weltweit größten Raketenwettbewerb in den USA auf eine für den jungen Verein bisher unerreichte Höhe von 9 km und Geschwindigkeit über die des Schalls steigen.

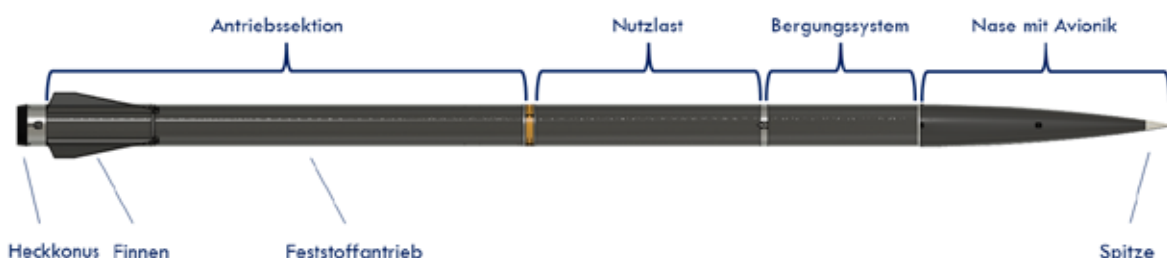
Aquila ist das neueste kompetitive Raketenprojekt des Space Team Aachen e.V. Dieses bietet 24 Studierenden die Möglichkeit, die theoretischen Grundlagen aus dem Studium anzuwenden und erste Erfahrungen in Bezug auf Raumfahrtprojekte zu sammeln.

Nachdem die ersten zwei Wettkampfraketen CARL I und II erfolgreich im Rahmen der European Rocketry Challenge (EuRoC) im Jahr 2020 und 2021 gestartet worden sind, soll Aquila nun als erstes deutsches Team am größten Raketenwettbewerb der Welt, dem Spaceport America Cup (SAC), in New Mexico (USA) teilnehmen. Jährlich kommen dort über 150 Teams aus aller Welt für eine

Woche zusammen, um ihre Raketen zu starten und sich untereinander auszutauschen. Mit Aquila wird erstmalig eine deutsche Rakete am Wettbewerb teilnehmen. Zum ersten Mal in der dreijährigen Geschichte des Vereins wird dabei auch die Schallmauer durchbrochen und eine Geschwindigkeit von Mach 1,7 (ca. 2068 km/h) erreicht. Im Zuge dessen fliegt die Rakete auf eine Höhe von 9000 m.

Aquila – Von Kopf bis Fuß bzw. von Nase bis Heck

Gemäß des aktuellen Designs hat die Rakete eine Gesamtlänge von etwa 3,4 m bei einem Durchmesser von 114 mm und einem Gewicht von ca. 32 kg.



Die Rakete lässt sich in vier Sektionen einteilen. Die Struktur der einzelnen Sektionen besteht aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (Antriebs-, Nutzlast- und Bergungssektion) oder aus glasfaserverstärktem Kunststoff (Nase).

Die Nase der Rakete sorgt durch ihre Form für eine optimale Aerodynamik. Zusätzlich ist in dieser die Avionik der Rakete platziert. Die Avionik ermöglicht die Kommunikation der Rakete mit der Bodenstation, die Aufnahme wichtiger Messdaten und sorgt für das Auslösen flugkritischer Vorgänge wie das Auswerfen der Fallschirme. Die aus Aluminium bestehende Spitze der Nase nimmt die während des Fluges entstehende thermische Last auf.

Unter der Nase befindet sich das Bergungs- und Auswurfssystem, welches mithilfe von zwei Fallschirmen eine sichere Landung der Rakete ermöglichen wird. Um den Auswurf der Fallschirme zu ermöglichen, wird die Nase durch eine Drucksteigerung innerhalb der Bergungssektion kurz nach Erreichen der Maximalhöhe abgestoßen. Durch das Abstoßen der Nase wird der kleinere Bremsfallschirm der Rakete geöffnet und die Fallgeschwindigkeit auf unter 25 m/s begrenzt (90 km/h). In Bodennähe (etwa 450 m über dem Boden) wird der Hauptfallschirm durch eine Seiltrennung entfaltet. In konventionellen Ansätzen erfolgt die Trennung des Seils meist durch den Einsatz von Schwarzpulver. Ein im Space Team neu entwickelter Mechanismus ermöglicht eine komplett schwarzpulverfreie Ablösung des Seils durch das rotierende Kugelsystem des sogenannten „Decouplers“. Ein großer Vorteil dieser Methode ist die besonders einfache Wiederverwendbarkeit des Systems.

Durch die Trennung der Seile sorgt der entfaltete Hauptfallschirm für eine sanfte Landung der Rakete (etwa 7 m/s oder 25 km/h).

Der Schub der Rakete wird durch ein Feststofftriebwerk des Herstellers Cesaroni zur Verfügung gestellt. Die Finnen sorgen für die notwendige Stabilität während des Flugs.

Der Heckkonus am Ende der Rakete sorgt sowohl für eine bessere Aerodynamik als auch für die Absorbierung der Aufprallenergie während der Landung. Hierfür kommt der neu entwickelte „crush core“ zum Einsatz, welcher ein Knutschen des Raketenendes erlaubt und so eine für die eigentliche Rakete schadensfreie Landung erlaubt.



Zeitplan und Fortschritt

Das Projekt unterläuft bis zur Teilnahme am SAC im Juni 2023 mehrere Review-Prozesse. So wurde das vorläufige Design im Juli einer Gruppe von Studierenden des Space Teams und im Oktober einer Expertengruppe vorgestellt. Nach einer erneuten Prüfung im Januar wird das Design festgelegt und das Projekt geht in die finale Fertigungs- und Montagephase über. Im April 2023 wird Aquila dann mit einem schwächeren Antrieb einen Testflug absolvieren.

Bevor die finalen Vorbereitungen auf den Wettbewerb beginnen, wird Aquila im Rahmen eines Rollout Events allen Sponsoren und Unterstützern des Projektes präsentiert.

Finanzierung

Die geplanten Kosten für den Bau der Rakete inklusive der Fertigungskosten werden durch Geldmittel der Wilhelm Stemmer-Stiftung, dem Förderverein proRWTH und durch Unterstützung verschiedener Institute der RWTH Aachen gedeckt.

Weitere Kosten für das Projekt sind die Teilnahmegebühren für den SAC sowie Flug- und Unterkunfts-kosten. Hinzu kommen Transportkosten vor Ort und Verpflegung des Teams. Die Teilnahme am SAC wird durch die Hans Hermann Voss-Stiftung gefördert. Weiterhin ist das Team kontinuierlich auf der Suche nach weiteren Förderern und Unterstützern. ■

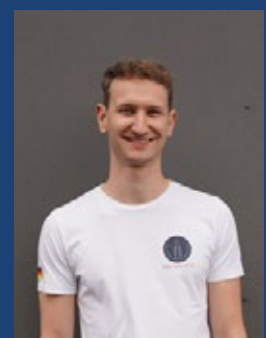
Ihr Kontakt

Tobias Schwarz

Projektleiter und Systems Engineer

aquila@sta.rwth-aachen.de

<https://www.spaceteamaachen.de/projects/aquila>



TRACE, Experiment zur Transpirationskühlung als Hitzeschild für Wiedereintrittskörper

Seien es die Trägerraketen von SpaceX oder die „ESA Clean-Space“ Initiative. Alle benötigen zum Erreichen von Wiederverwendbarkeit und Nachhaltigkeit einen mehrfach einsetzbaren Hitzeschild für den Wiedereintritt in die Atmosphäre. Wie kann ein Studententeam einen Beitrag zu diesem relevanten Unterfangen leisten?

TRACE (TRANspiration Cooling Experiment) ist ein Projekt der studentischen Initiative Space Team Aachen e.V., einem Verein Aachener Hochschulen. TRACE ist Teil des deutsch-schwedischen Studentenprogramms REXUS/BEXUS, welches Studenten die Möglichkeit gibt, Experimente an Bord einer Höhenforschungsrakete durchzuführen. Ein Schema dieser Rakete wird in Abbildung 1 gezeigt. Ziel des Experiments ist die Erprobung und Validierung von Transpirationskühlung als Hitzeschild für Wiedereintrittskörper.

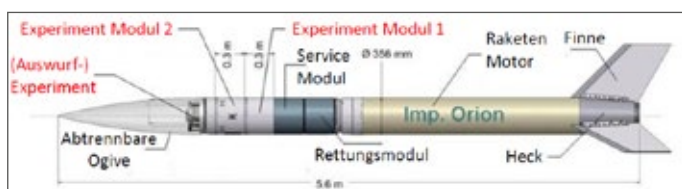


Abbildung 1: REXUS Rakete [1]

Transpirationskühlung beschreibt den Vorgang, bei dem ein Kühlgas durch eine poröse Oberfläche in die strukturmgebende Grenzschicht verteilt wird, um die darauf einwirkenden thermischen Lasten zu verringern. Die Wiederverwendung des Systems kann durch Nachfüllen des Kühlflüssigkeitstanks erreicht werden. Eine Simulation des Kühleffekts wird in Abbildung 2 dargestellt.

Das TRACE-Experiment ist als Freiflugexperiment ausgelegt und wird im März 2024 in der Raketenspitze einer REXUS-Rakete mitgeführt werden. Beim Erreichen des Apogäums in einer Höhe von 70 bis 90 km, wird die TRACE-Kapsel von der Rakete abgestoßen und fliegt selbstständig und in ballistischer Laufbahn zur Erde zurück. Die Gestaltung

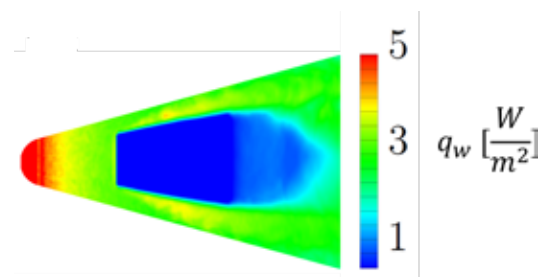


Abbildung 2: Simulation des Wandwärmestromverteilung mit Transpirationskühlung für das TRACE Experiment

des Experiments ermöglicht eine Geschwindigkeit bis zu Mach 3,5 und eine passive aerodynamische Stabilisierung beim Eintritt in die untere Atmosphäre. In einer Höhe zwischen 10 und 30 km führt die hohe Geschwindigkeit zu einer Erwärmung der äußeren Struktur. Die Kühlung wird entsprechend bei 30 km Höhe initiiert und läuft, bis die Gasreserve leer ist. Ein Teil der Oberfläche ist mit Transpirationskühlelementen ausgestattet, die einen Vergleich der Oberflächentemperatur und des Wärmeübergangs mit Referenzoberflächen ermöglichen, was zu Messungen der Wirksamkeit des Kühleffekts führt. In einer Höhe von etwa 10 km und einer Geschwindigkeit von Mach 2 wird eine Fallschirmsequenz aktiviert, um das gesamte Experiment zu bergen. Ein 3D gedrucktes Modell der Halterung des Experiments in der Rakete sowie die TRACE-Kapsel sind in Abbildung 4 zu sehen.

Die gewonnenen Daten werden als Orientierungshilfe für künftige Konstruktionen und zur Validierung von Annahmen, Simulationswerkzeugen und Flugvorhersagen verwendet.

Additiv gefertigter Drucktank in Bohnenform

Besonders zu erwähnen ist die Speicherung des Kühlgases von TRACE. Aufgrund der Vielzahl an Subsystemen in der TRACE-Kapsel war es mit konventionellen Tankgeometrien nicht möglich, ausreichend Kühlgas mitzuführen. Daher musste ein Tank konstruiert werden, welcher das verfügbare Volumen bestmöglich ausnutzt. So entstand der additiv gefertigte Drucktank in Bohnenform. Dieser dient zusätzlich auch als Aufhängung für die Avionik.

Der Tank wird aus Ti-6Al-4V mithilfe des Laser Powder Bed Fusion (LPBF) Verfahrens am Fraunhofer Institut für Lasertechnik (ILT) gefertigt. Der Tank fasst ein Volumen von 279 ml und wird bei einem Druck von 180 bar betrieben. Der Tank wird Beschleunigungen von -40 g bis +20 g ausgesetzt. Mithilfe von Topologieoptimierung war es möglich, die Masse des Tanks von 1270 g auf 590 g zu reduzieren. Abbildung 3 zeigt die finale und gefertigte Version des Drucktanks.

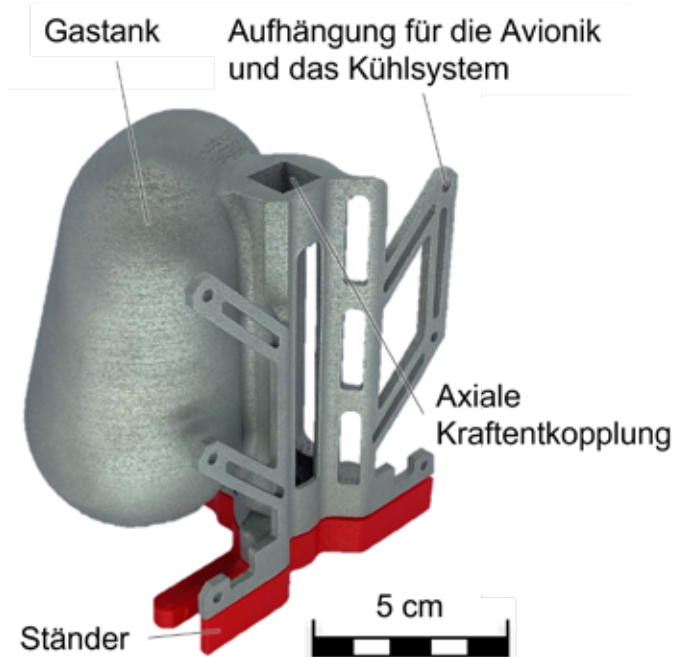


Abbildung 3: Gefertigter und wärmebehandelter Drucktank

Zeitplan und Projektfortschritt

Das Projekt hat bereits einige Meilensteine erreicht. So konnten zu Beginn durch eine Kooperation mit dem DLR und eine Studentenarbeit die Durchführbarkeit gezeigt werden und eine Vorauslegung stattfinden. Auf dieser Basis hat das Team ein Jahr auf den Bewerbungsprozess des DLR hingearbeitet und im Oktober 2021 das „proposal“ eingereicht. Nach der Annahme des Vorschlags wurde das Team zu einem Auswahl-Workshop eingeladen,

in dem es sich mit einer Präsentation des Experiments gegen mehrere Mitbewerber durchsetzen konnte. Der nächste Meilenstein, im Februar 2022, war das „preliminary design review“ (PDR). Nach einigen Änderungen des Designs, wurde im Juni 2022 ein weiterer Meilenstein, das „critical design review“ (CDR), erreicht. Der nächste Schritt ist das „integration progress review“ (IPR). Hier werden erste Bauteile gefertigt und getestet. Der Start des Experiments wird voraussichtlich im März 2024 erfolgen.



Abbildung 4: 3D gedrucktes Modell von TRACE

Ihr Kontakt

Nicolas Heyn

Projektleiter und Auslegung
Bergungssystem

trace@sta.rwth-aachen.de

www.spaceteamaachen.de/trace



AeroSpace.NRW unterwegs...



Spannende Diskussion und Vorträge über die Zukunft der Luftfahrt auf dem ersten **AeroSpace.NRW Netzwerkabend**.



AeroSpace.NRW mit Vertretern des Advisory Boards zu Besuch bei **NRW Wirtschaftsministerin Mona Neubaur**.



Nordrhein-Westfalen ist eine der wirtschaftsstärksten Metropolregionen Europas. Dies gilt auch für den Bereich Luft- und Raumfahrttechnologie. Die Industrie bildet dabei die Basis und den Motor für Forschung, Wachstum und Wohlstand. Zu ihr gehören weltbekannte, große Konzerne, aber auch viele kleine und mittlere Unternehmen – s. g. „Hidden Champions“ – die äußerst erfolgreich sind.

AeroSpace.NRW versteht sich als Netzwerk für alle Akteure im Bereich Luft- und Raumfahrttechnologie. Um den Herausforderungen der heutigen Zeit optimal zu begegnen, ist es wichtig Synergien zu erkennen und zu nutzen. Wir vernetzen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik unter anderem durch das Organisieren von Fachkongressen und gemeinsamen Messeständen im In-

und Ausland oder durch das Initiieren von Workshops zu branchenspezifischen Themen.

Darüber hinaus entwickelt AeroSpace.NRW Strategien zur Weiterentwicklung der Luft- und Raumfahrttechnologie in Nordrhein-Westfalen und hilft Unternehmen dabei diese umzusetzen.

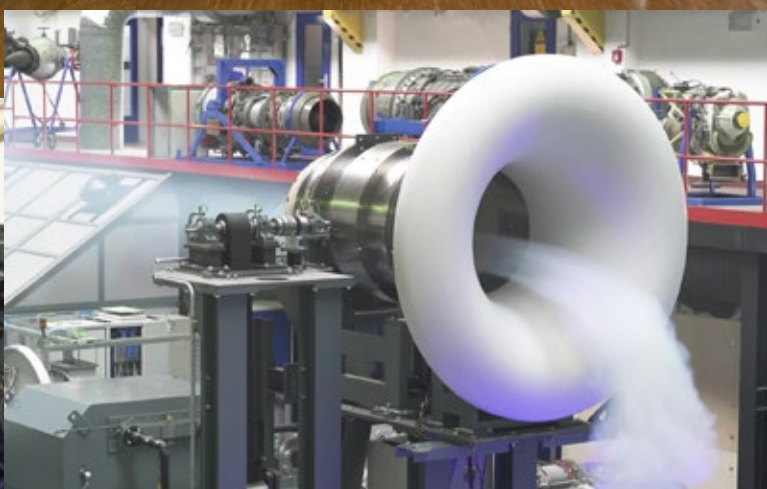
Unser Ziel ist die Steigerung der Innovationskraft und der Wettbewerbsfähigkeit der NRW-Wirtschaft im Bereich der Luft- und Raumfahrt durch Förderung der Zusammenarbeit von Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Politik und Gesellschaft, um so Arbeitsplätze zu schaffen und nachhaltige und umweltfreundliche Technologien zu entwickeln. ■



Zu Gast bei **Infosys Düsseldorf** - ATP Tennis via Virtual Reality, Digital Twins bei der Triebwerkswartung oder Augmented Reality Work Experience.



Internationaler Austausch mit Vertretern aus den EU-Regionen Andalusien, Bretagne, Durham, NRW, Prag, Toskana und der Wallonie im Kontext des InterregEurope Projektes "STEPHANIE" beim **Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt** und der **Europäischen Weltraumorganisation**.



Spannende Einblicke und Gespräche rund um die aktuelle Forschung lärmfreier und emissionsarmer Luftfahrt beim **Institut für Strahlantriebe und Turbomaschinen (IST) der RWTH Aachen** haben uns ebenso begeistert wie eine Besichtigung der traditionsreichen Forschungseinrichtung mit ihren modernen Prüfständen und Windkanälen.

